



TUGAS AKHIR - TE145561

**MENGATUR KECEPATAN MOTOR 3 PHASA BERBEBAN REM
ELEKTROMAGNETIK**

Dimas A Baharsyah
NRP 2211039010
Alex Siagian
NRP 2211039019

Dosen Pembimbing
Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.
Eko Pujiyanto Matni, Spd.

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL ASSIGNMENT - TE145561

***CONTROLLING 3 PHASE INDUCTION MOTOR WITH
ELEKTROMAGNETIK BRAKE***

Dimas A Baharsyah
NRP 2211039010
Alex Siagian
NRP 2211039019

Supervisor
Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng.
Eko Pujiyanto Matni, Spd.

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

MENGATUR KECEPATAN MOTOR 3 FASA DENGAN BEBAN REM ELEKTROMAGNETIK

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya**

Pada

**Bidang Studi Elektro Industri
Program Studi D3 Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng

NIP. 1962 10 05 1990 03 1003

Eko PujiatnoMatni, S.Pd

NIP. 19710330 199403 1 002

**SURABAYA
JUNI, 2015**

Mengatur Kecepatan Motor 3 *Phasa* Berbeban Rem Elektromagnetik

Nama Mahasiswa : Dimas A Baharsyah
NRP : 2211039010
Nama Mahasiswa : Alex Siagian
NRP : 2211039019
Pembimbing I : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng
NIP : 1962 10 05 1990 03 1003
Pembimbing II : Eko Pujiatno Matni, S.Pd
NIP : 19710330 199403 1 002

ABSTRAK

Motor induksi 3 fasa mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan motor *DC*. Kelebihan dari motor induksi tiga fasa adalah konstruksinya sederhana, harganya murah dan murah dalam pemeliharaan. Karena keunggulan-keunggulan itu motor induksi lebih banyak digunakan terutama untuk aplikasi yang memerlukan kecepatan konstan. Namun pengaturan kecepatan motor induksi jauh lebih sulit dibandingkan motor arus searah. Untuk mengatur kecepatan motor induksi pada kecepatan tetap diperlukan pengaturan terhadap frekuensi atau torsi, padahal tidak ada hubungan yang linear antara arus motor dengan torsi yang dihasilkan.

Pada Tugas Akhir kali ini dibuat sebuah simulasi pembebanan yaitu dengan menggunakan rem elektromagnetik. Dengan cara menggunakan motor *AC* 3 fasa yang dikoneksikan pada *inverter*, yang kemudian datanya diambil oleh *rotary encoder*. Dimana data yang diperoleh oleh *rotary encoder* selanjutnya diolah dengan menggunakan *PLC*. Namun permasalahan simulasi pembebanan ini adalah cara untuk mengendalikan kecepatan dan menjaga kecepatan tersebut secara konstan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakan metode *PID* pada tugas akhir ini, dan hasil desain akan diimplementasikan pada motor induksi 3 fasa yang diberi beban berupa rem elektromagnetik.

Hasil dari implementasi kontroler *PID* yang dirancang dapat mempertahankan kecepatan mendekati nilai *set point* dengan *error* kurang dari 5%.

Kata kunci : Motor Induksi, *PID*, *PLC*.

Controlling 3 Phase Induction Motor With Elektromagnetik Brake

Student Name : Dimas A Baharsyah
NRP : 2211039010
Student Name : Alex Siagian
NRP : 2211039019
Supervisor I : Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng
NIP : 1962 10 05 1990 03 1003
Supervisor II : Eko Pujiatno Matni, S.Pd
NIP : 19710330 199403 1 002

ABSTRACT

Three phase induction motors have some special quality than DC motor. The special qualities of three phase induction are simple construction, economy-priced, and cheap of maontenance. Therefore the three phase induction motor are widely used for constant speed application. However speed control of three phase induction motor is more difficult than DC motor. Control of induction motor at the constant speed have a needs frequency regulation and torque regulation, but actually the case is nothing linear relation between motor current and torque.

In this Final Project we make a simulation using elektro magnetic brake. Which is we using 3 phase induction motor and connected it with inverter and take the data using rotary encoder. And then we process the data using PLC. The main problem of the discussion is keep the constant speed of induction motor although there is change of power-loading. To overcome these problems, we choose to use PID) method. In the final design results wiil be implemented on three phase induction motors which power-loading using electromagnetic brake.

The implementation result of the controller PIDis designed can maintain a velocity approaching the set point value with an error of less than 5%.

Keywords: Induction Motor, PID, PLC.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Tuhan YME yang selalu memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Pada Kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa syukur kehadiran Tuhan YME yang telah memberikan petunjuk, kemudahan, dan kemurahan-Nya serta tidak lupa ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada beberapa pihak yang telah memberikan dukungan selama proses pengerjaan tugas akhir ini, antara lain:

1. Ibu dan Bapak tercinta yang selalu memberi semangat, doa dan kasih sayangnya.
2. Bapak Ir. Josaphat Pramudijanto, M.Eng sebagai pembimbing 1 dan Bapak Eko Pujiatno Matni, S.Pd sebagai pembimbing 2 yang telah membantu dan membimbing hingga laporan ini terselesaikan.
3. Bapak dan Ibu penguji Tugas Akhir yang telah memberi masukan kepada penulis untuk menyusun buku ini menjadi lebih baik.
4. Teman-teman D3 Teknik Elektro Industri Disnaker yang telah berbagi suka dan duka selama ini.
5. Semua pihak yang turut membantu pengerjaan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini dikarenakan keterbatasan kemampuan penulis. Penulis mengharapkan berbagai masukan dan kritik dari berbagai pihak agar lebih baik di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan demi kemajuan Indonesia menuju negeri berteknologi mandiri.

Surabaya, juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
1.6 Relevansi	3
 BAB II TEORI KONTROL KECEPATAN DENGAN MOTOR AC	 5
2.1 Motor Induksi 3 Fasa	5
2.1.1 Komponen.....	5
2.1.2 Prinsip Kerja Motor Induksi	6
2.2 <i>Rotary Encoder</i>	9
2.2.1 <i>Incremental Rotary Encoder</i>	9
2.3 Elektromagnet	10
2.4 Rem Elektromagnetik.....	11
 BAB III PERANCANGAN OTOMASI	 13
3.1 Perancangan Perangkat Keras	13
3.2 Prosedur Perancangan Rem Elektromagnetik	13
3.2.1 Perancangan <i>Panel Box</i>	17
3.2.2 Perancangan <i>Non Inverting Amplifier</i>	19
3.2.3 Sensor <i>Rotary Encoder</i>	20
3.2.4 Inverter <i>Siemens Sinamic G110</i>	20
3.3 Perancangan Perangkat Lunak	26
3.3.1 Pemrograman <i>GX Works2</i>	26
3.3.2 <i>MX Component</i>	28
3.3.3 <i>MX Sheet</i>	29

3.4 Tahapan Umum Pengambilan Data.....	31
3.5 Model Matematik <i>Plant</i>	34
3.6 Proses Pengolahan Data	35
3.6.1 <i>Matlab 7.6.0 (R2008a)</i>	35
3.7 Perancangan Kontroler.....	40
3.7.1 Metode Analitik	41
3.8 Perancangan Panel Operator.....	44
BAB IV PENGUKURAN DAN ANALISA	45
4.1 Pengukuran Perangkat Keras	45
4.1.1 Pengukuran Penguat Tegangan.....	45
4.2 Pengukuran Kecepatan Motor 3 <i>Phasa</i>	46
4.2.1 Pengukuran Sistem <i>Open Loop</i>	47
4.2.2 Pengukuran Beban Nominal.....	48
4.2.3 Pengukuran Beban Maksimal.....	48
4.3 Pengambilan Data <i>Step Response</i>	49
4.4 Nilai Data Kontroler <i>PID</i>	52
4.5 Uji Coba Program.....	54
BAB V PENUTUP	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN 1	61
LAMPIRAN 2	63
LAMPIRAN 3	81
LAMPIRAN 4	83
RIWAYAT HIDUP	85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komponen Motor Induksi.....	5
Gambar 2.2	Prinsip Kerja Motor Induksi	6
Gambar 2.3	Belitan <i>Stator</i> Motor Induksi	7
Gambar 2.4	Bentuk Gelombang <i>Sinusoida</i> dan Timbulnya Medan Putar Pada <i>Stator</i> Motor Induksi	8
Gambar 2.5	Susunan Piringan Untuk <i>Incremental Encoder</i>	9
Gambar 2.6	Garis Gaya Magnet	10
Gambar 2.7	Garis Magnet Membentuk Selubung Pada Kawat Berarus.....	10
Gambar 2.8	Hukum Tangan Kanan Lorenz.....	11
Gambar 2.9	Contoh Bentuk Fisik Rem Elektromagnetik	12
Gambar 2.10	Gaya Pengereman Arus <i>Edi</i>	12
Gambar 3.1	Lempeng Besi Tampak Depan	13
Gambar 3.2	Lempengan Besi Tampak Samping	14
Gambar 3.3	Kawat <i>Email</i>	14
Gambar 3.4	Besi Tempat Kumputan Tampak Samping	15
Gambar 3.5	Besi Tempat Kumputan Tampak Depan	15
Gambar 3.6	Besi dan Kumputan Setelah Disatukan dan di Semen	16
Gambar 3.7	Hasil Perangkaian Kumputan dan Lempengan	16
Gambar 3.8	Penyatuan Kumputan dan Aluminium	17
Gambar 3.9	Panel Kelistrikan Bagian Dalam	18
Gambar 3.10	Panel Tampak Depan	18
Gambar 3.11	Panel Tampak Samping	19
Gambar 3.12	Rangkaian <i>Non Inverting Amplifier</i>	19
Gambar 3.13	<i>Wiring</i> antar <i>Pin Sensor Rotary Encoder</i> dengan Konektor	20
Gambar 3.14	Bentuk Fisik <i>Inverter Siemens Sinamics G110</i>	21
Gambar 3.15	Operator <i>Panel BOP</i>	21
Gambar 3.16	Pembuatan <i>Project Baru</i>	26
Gambar 3.17	Inisialisasi <i>PLC Parameter</i>	27
Gambar 3.18	Tampilan <i>New Module</i>	28
Gambar 3.19	Tampilan <i>Menu Use</i>	29
Gambar 3.20	<i>Plot</i> Tampilan <i>Menu Access Data</i>	30
Gambar 3.21	Tampilan <i>Menu Operational Internal</i>	30
Gambar 3.22	Tampilan <i>Menu Device Triger</i>	31

Gambar 3.23	<i>Flowchart Tahapan Umum Pengambilan Data</i>	33
Gambar 3.24	Blok Diagram Kontroler Secara Umum	34
Gambar 3.25	Blok Diagram Bentuk Sederhana	34
Gambar 3.26	Blok Diagram Kontroler dan <i>Plant</i>	35
Gambar 3.27	Model Matematika Dari <i>Plant</i>	35
Gambar 3.28	Dialog Utama <i>Matlab</i>	36
Gambar 3.29	<i>Input Data</i>	36
Gambar 3.30	Penggantian Nama dan Data	37
Gambar 3.31	2 <i>Input Data</i>	37
Gambar 3.32	Aktivasi	38
Gambar 3.33	<i>System Identification Tools</i>	38
Gambar 3.34	Dialog <i>Time Domain Data</i>	38
Gambar 3.35	Hasil Dari Pengolahan Data	39
Gambar 3.36	Hasil <i>LTI View</i>	39
Gambar 3.37	Model Matematika yang Dicari	40
Gambar 3.38	Model Matematik Kontroler	40
Gambar 3.39	Blok Diagram Sistem Kontrol Kecepatan	41
Gambar 3.40	<i>Flowchart Program Pada PLC</i>	43
Gambar 3.41	Panel Operator	44
Gambar 4.1	Konfigurasi Pengukuran Rangkaian Penguat Tegangan	45
Gambar 4.2	Pengukuran Penguat Tegangan	46
Gambar 4.3	Pengambilan Data <i>Plant Motor</i>	47
Gambar 4.4	Skema Pengukuran <i>Step Response</i>	50
Gambar 4.5	Kurva S dari <i>Plant</i>	51
Gambar 4.6	Potongan <i>Encoder Program</i>	54
Gambar 4.7	Potongan Program Pemberian <i>Signal Step</i>	55
Gambar 4.8	Potongan Program Kontroler <i>PID</i>	56

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Alamat <i>External I/O Terminals</i> yang digunakan	20
Tabel 3.2	Fungsi Tombol <i>Inverter Micromaster G110</i>	22
Tabel 3.3	Fungsi Tombol <i>Inverter</i>	22
Tabel 3.4	<i>Name Plate</i> Motor	23
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Rangkaian Penguat Tegangan	46
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran <i>Plant</i> motor 3 fasa	47
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran dengan Beban Nominal 140 Volt	48
Tabel 4.4	Pengukuran dengan Beban Maksimal 220 Volt	49
Tabel 4.5	<i>Step Respons</i> Tanpa Beban <i>Ramp Up</i>	50
Tabel 4.6	Validasi Model Matematika	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kontrol otomatis dan motor induksi 3 fasa memiliki peranan yang sangat penting dalam kemajuan teknologi industri. Kemajuan dalam teori dan praktek kontrol otomatis memberikan kemudahan dalam melakukan suatu kinerja, seperti meniadakan pekerjaan rutin yang membosankan, meningkatkan kualitas produksi dan mempertinggi laju produksi. Penggunaan motor 3 fasa banyak digunakan pada industri dengan berbagai aplikasi. Hal ini disebabkan karena motor induksi 3 fasa memiliki keunggulan dibandingkan dengan motor *DC*. Adapun kelebihan dari motor induksi tiga fasa adalah konstruksinya sederhana, harganya murah dan mudah dalam pemeliharaan. Karena keunggulan-keunggulan itu motor induksi lebih banyak digunakan terutama untuk aplikasi yang memerlukan kecepatan konstan. Satu hal yang menjadi kelemahan motor induksi adalah pengaturan kecepatannya yang jauh lebih sulit dibandingkan motor arus searah. Untuk mengatur kecepatan motor induksi pada kecepatan tetap diperlukan pengaturan terhadap frekuensi atau torsi, padahal tidak ada hubungan yang linear antara arus motor dengan torsi yang dihasilkan.

Seringkali dalam aplikasinya motor induksi dituntut untuk bekerja pada kecepatan tertentu. Bertambahnya beban yang diberikan akan memperbesar kopel motor sehingga akan memperbesar arus induksi pada rotor yang menyebabkan *slip* antara medan putar dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Perubahan beban ini akan menyebabkan kecepatan putar motor induksi tidak stabil.

Persoalan kontrol kecepatan kali ini telah menarik perhatian banyak pihak akibat meningkatnya kebutuhan sistem dengan performa tinggi. Untuk menyelesaikan persoalan kontrol kecepatan, perlu dicari suatu aturan untuk menentukan pengambil keputusan sistem kontrol dengan beberapa kendala tertentu yang akan meminimumkan suatu ukuran simpangan dari perilaku idealnya. Ukuran ini biasanya ditetapkan berdasarkan indeks unjuk kerja sistem atau berdasarkan *step response* dari motor yang bersangkutan.

Pada tugas akhir ini digunakan motor induksi 3 fasa dengan rem elektromagnetik sebagai *plant* yang akan dikontrol dengan teknik *PID*. Pada motor induksi 3 fasa, perubahan kecepatan dapat diatur dengan cara mengubah-ubah besarnya frekuensi yang diberikan pada motor. Serta merancang dan membuat kontroler *PID* dengan meletakkan operasi algoritmanya pada memori *PLC*.

1.2 Perumusan Masalah

Pengaturan kecepatan motor induksi relatif sulit dilakukan karena putaran motor yang sulit untuk diatur akibat pembebanan. Pada Tugas Akhir ini, motor induksi diberikan pembebanan berupa rem elektromagnetik yang dapat diatur daya kemagnetannya melalui sebuah *auto transformer*. Oleh karena itu dibutuhkan kontroler yang dapat membuat kecepatan motor tetap stabil walaupun diberikan efek pembebanan. Kontroler *PID* diharapkan dapat menjaga kecepatan agar tetap stabil pada saat ada perubahan beban.

1.3 Batasan masalah

Dari perumusan masalah di atas, ada beberapa hal yang perlu dibatasi, sehingga penelitian yang dilakukan dapat tercapai. Batasan masalah dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Pengontrolan yang dilakukan hanya pada kecepatan saja.
2. Sistem kontrol yang digunakan adalah *PID*.
3. Pembebanan diberikan dengan menggunakan rem elektromagnetik dengan nilai *range* dari *output* auto trafo sebesar 140-220 *VDC* (beban nominal dan maksimal).
4. Daya magnet yang digunakan oleh rem magnetik tidak diperhitungkan secara matematis.
5. Analisa hasil pengujian hanya dititik beratkan pada analisa *step response* pada *plant*.
6. Model matematika kontroler *PID* didapatkan dengan menggunakan program *matlab* versi 7.6.0 (R2008a).

Dengan adanya batasan masalah ini diharapkan hasil akhir dari Tugas Akhir ini dapat tercapai.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini adalah :

- Merancang kontrol kecepatan motor induksi 3 phasa berbeban.
- Merancang beban rem elektromagnetik sebagai beban motor.

1.5 Sistematika Penulisan

Dari proses pembuatan alat pada Tugas Akhir ini yang dimulai dari persiapan, perencanaan, pengerjaan, dan perbaikan serta hasil dan analisa yang didapat maka diwujudkan ke dalam bentuk buku laporan Tugas Akhir dengan sistematika sebagai berikut :

Bab I : Pendahuluan

Membahas tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, serta relevansi

Bab II : Teori Kontrol Kecepatan dengan Motor Ac

Membahas teori – teori yang dipakai dalam pembuatan Tugas Akhir.

Bab III :Perencanaan Otomasi

Berisikan tahap – tahap perencanaan berdasarkan cara kerja dari rangkaian yang diinginkan dan pembuatan peralatan yang dilakukan berdasarkan perencanaan yang telah dibuat.

Bab IV : Pengukuran dan Analisa

Membahas tentang pengukuran, pengujian, dan penganalisaan terhadap alat.

Bab V : Penutup

Menjelaskan tentang kesimpulan dari Tugas Akhir ini dan saran - saran untuk pengembangan alat ini lebih lanjut.

1.6 Relevansi

Mengetahui dan mengatur kecepatan motor 3 fasa pada dunia industri adalah suatu permasalahan yang sampai sekarang dialami oleh sebagian industry atau pabrik – pabrik. Dengan hal itu maka kami mempunyai ide untuk membuat suatu alat yaitu rem elektromagnetik untuk mengetahui kecepatan sebuah motor 3 fasa dan mengatur kecepatan motor 3 fasa.



BAB II

TEORI KONTROL KECEPATAN DENGAN MOTOR AC

Dalam bab ini adalah untuk membahas teori-teori dasar, rumusan, dan prinsip yang menjadi acuan perencanaan yang nantinya digunakan dalam konsep perancangan yang berdasarkan dengan referensi yang meliputi Rem Elektromagnetik, Motor Induksi 3 fasa, *Rotary Encoder*

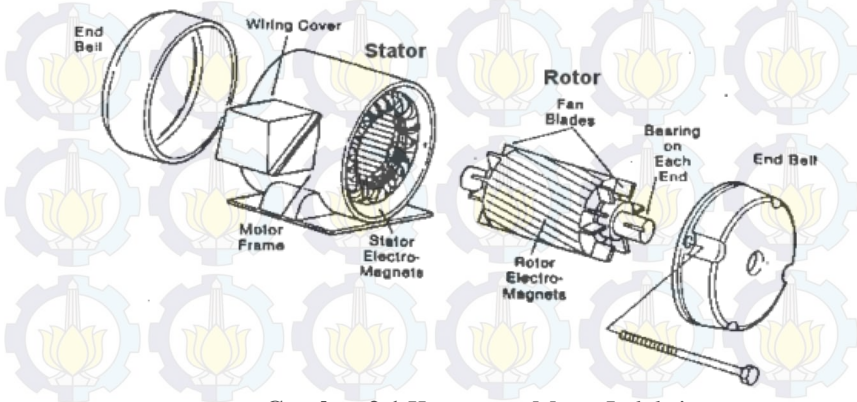
2.1 Motor Induksi 3 Fasa[1]

Motor induksi adalah motor arus bolak-balik (AC) yang paling banyak digunakan dalam setiap aplikasi industri. Motor ini memiliki konstruksi yang kuat, sederhana, handal, serta berbiaya murah. Akan tetapi jika dibandingkan dengan motor DC, motor induksi masih memiliki kelemahan dalam hal pengaturan kecepatan, dimana pada motor induksi pengaturan kecepatan sangat sulit untuk dilakukan.

Motor induksi adalah suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak dengan menggunakan gandingan medan listrik dan mempunyai *slip* antara medan stator dan medan rotor

2.1.1 Komponen

Motor induksi memiliki dua komponen listrik utama yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.

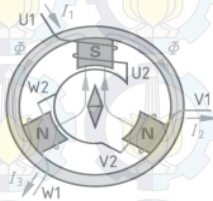


Gambar 2.1 Komponen Motor Induksi

1. Rotor adalah bagian dari motor induksi yang bergerak yang berada pada bagian tengah konstruksi motor, berdasarkan konstruksinya rotor dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu:
 - a. Rotor sangkar terdiri dari batang penghantar tebal yang dilekatkan dalam petak-petak *slots* paralel. Batang-batang tersebut diberi hubungan pendek pada kedua ujungnya dengan alat cincin hubungan pendek.
 - b. Rotor belitan yang memiliki gulungan tiga fase, lapisan ganda dan terdistribusi. Dibuat melingkar sebanyak kutub stator. Tiga fase digulungi kawat pada bagian dalamnya dan ujung yang lainnya dihubungkan ke cincin kecil yang dipasang pada batang as dengan sikat yang menempel padanya.
2. Stator adalah bagian yang diam pada motor induksi dan umumnya berada pada sisi luar motor induksi. Stator dibuat dari sejumlah *stampings* dengan *slots* untuk membawa gulungan tiga fase. Gulungan ini dilingkarkan untuk sejumlah kutub yang tertentu.

2.1.2 Prinsip Kerja Motor Induksi

Motor induksi adalah alat listrik yang mengubah *energi listrik* menjadi *energi mekanik*. Listrik yang diubah adalah listrik 3fase. Motor induksi sering juga disebut motor tidak serempak atau motor asinkron. Prinsip kerja motor induksi dapat dilihat pada Gambar 2.2.

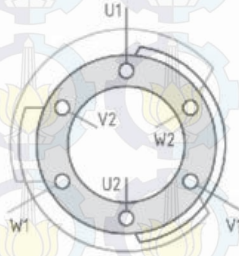


Gambar 2.2 Prinsip Kerja Motor Induksi

Ketika tegangan *phasa U* masuk ke belitan stator menjadikan kutub S (*south* = selatan), garis-garis gaya magnet mengalir melalui stator, sedangkan dua kutub lainnya adalah N (*north* = utara) untuk fasa V dan fasa W. Kompas akan saling tarik-menarik dengan kutub S.

Berikutnya kutub S pindah ke *phasa V*, kompas berputar 120° , dilanjutkan kutub S pindah ke *phasa W*, sehingga pada belitan stator timbul *medan magnet putar*. Buktinya kompas akan memutar lagi menjadi 240° . Kejadian berlangsung silih berganti membentuk medan

magnet putar sehingga kompas berputar dalam satu putaran penuh, proses ini berlangsung terus menerus. Dalam motor induksi kompas digantikan oleh rotor sangkar yang akan berputar pada porosnya. Pada motor induksi agar timbul torsi pada rotor harus ada medan induksi ke kumparan rotor sehingga putaran rotor harus lebih kecil dari pada medan stator, maka dari itu disebut motor tidak serempak atau motor asinkron.



Gambar 2.3 Belitan Stator Motor Induksi

Susunan belitan stator motor induksi dengan dua kutub, memiliki tiga belitan yang masing-masing berbeda sudut 120° Gambar 2.3. Ujung belitan fasa pertama $U1$ - $U2$, belitan fasa kedua $V1$ - $V2$ dan belitan fasa ketiga $W1$ - $W2$. Prinsip kerja motor induksi dijelaskan dengan gelombang sinusoidal Gambar 2.4, terbentuknya medan putar pada stator motor induksi. Tampak stator dengan dua kutub, dapat diterangkan dengan empat kondisi.

Prinsip kerja motor induksi dijelaskan dengan gelombang sinusoidal Gambar 2.4, terbentuknya medan putar pada stator motor induksi. Tampak stator dengan dua kutub, dapat diterangkan dengan empat kondisi.

1. Saat sudut 0° .

Arus I_1 bernilai positif dan arus I_2 dan arus I_3 bernilai negatif dalam hal ini belitan V_2 , U_1 dan W_2 bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan belitan V_1 , U_2 dan W_1 bertanda titik (arus listrik menuju pembaca). Terbentuk fluks magnet pada garis horizontal sudut 0° . Kutub S (south = selatan) dan kutub N (north = utara).

2. Saat sudut 120° .

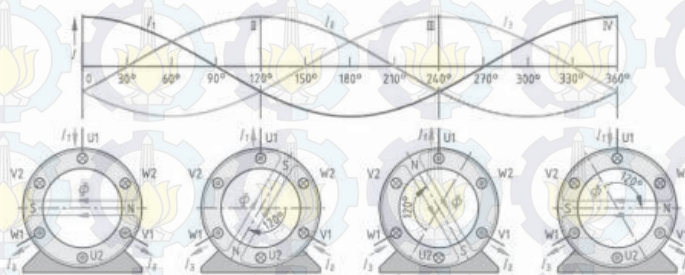
Arus I_2 bernilai positif sedangkan arus I_1 dan arus I_3 bernilai negatif, dalam hal ini belitan W_2 , V_1 , dan U_2 bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan kawat W_1 , V_2 , dan U_1 bertanda titik (arus menuju pembaca). Garis fluks magnet kutub S dan N bergeser 120° dari posisi awal.

3. Saat sudut 240° .

Arus I_3 bernilai positif dan I_1 dan I_2 bernilai negatif, belitan U_2 , W_1 , dan V_2 bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan kawat U_1 , W_2 , dan V_1 bertanda titik (arus menuju pembaca). Garis fluk magnet kutub S dan N bergeser 120° dari posisi kedua.

4. Saat sudut 360° .

Posisi ini sama dengan saat sudut 0° , di mana kutub S dan N kembali keposisi awal sekali.



Gambar 2.4 Bentuk Gelombang Sinusoida Dan Timbulnya Medan Putar Pada Stator Motor Induksi

Dari keempat kondisi di atas saat sudut 0° , 120° , 240° , dan 360° , dapat dijelaskan terbentuknya medan putar pada stator, medan magnet putar stator akan memotong belitan rotor. Kecepatan medan putar stator ini sering disebut kecepatan sinkron, tidak dapat diamati dengan alat ukur tetapi dapat dihitung secara teoritis yang besarnya adalah:

$$ns = \frac{f \times 120}{p} \text{ Rpm} \quad (2.1)$$

Rotor ditempatkan di dalam rongga stator, sehingga garis medan magnet putar stator akan memotong belitan rotor. Rotor motor induksi adalah beberapa batang penghantar yang ujung-ujungnya dihubungkan menyamping menyerupai sangkar tupai, maka sering disebut rotorsangkar tupai, kejadian ini mengakibatkan pada rotor timbul induksi elektromagnetis. Medan magnet putar dari stator saling berinteraksi dengan medan magnet rotor, terjadilah *torsi putar* yang berakibat rotor berputar. Kecepatan medan magnet putar pada stator:

2.2 Rotary encoder[2]

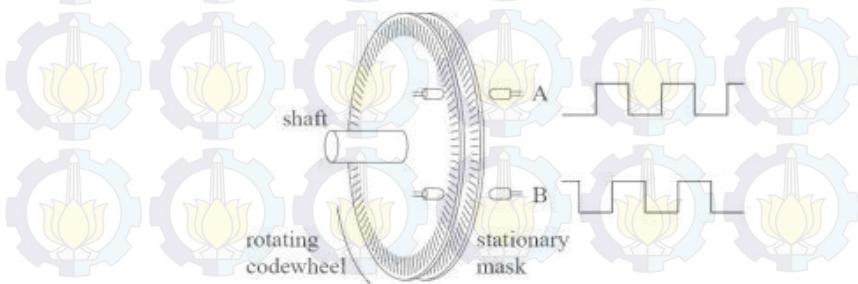
Sensor yang digunakan untuk memonitor kecepatan putaran motor induksi pada tugas akhir ini adalah *rotary encoder*. *Rotary encoder* digunakan untuk mengubah gerakan linier atau putaran menjadi sinyal digital, dimana sensor putaran memonitor gerakan putar dari suatu alat.

Rotary encoder adalah elektro-mekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. *Rotary encoder* umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode *digital* oleh *rotary encoder* untuk diteruskan oleh rangkaian kendali.

2.2.1 Incremental Rotary Encoder

Incremental encoder adalah jenis sensor *rotary encoder* yang paling sesuai untuk mendeteksi kecepatan motor dibandingkan dengan jenis *absolute*. *Incremental encoder* terdiri dari dua *track* atau *single track* dan dua sensor yang disebut *channel A* dan *B*. Ketika poros berputar, deretan pulsa akan muncul di masing-masing *channel* pada frekuensi yang proporsional dengan kecepatan putar sedangkan hubungan fasa antara *channel A* dan *B* menghasilkan arah putaran. Dengan menghitung jumlah pulsa yang terjadi terhadap resolusi piringan maka putaran dapat diukur.

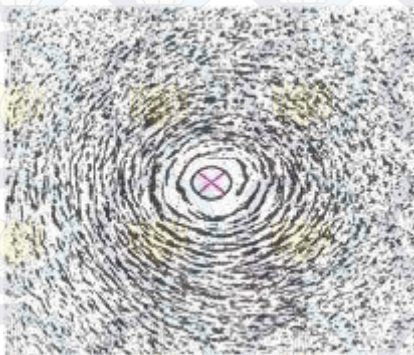
Untuk mengetahui arah putaran, dengan mengetahui *channel* mana yang *leading* terhadap *channel* satunya dapat kita tentukan arah putaran yang terjadi karena kedua *channel* tersebut akan selalu berbeda fasa seperempat putaran (*quadrature signal*). Susunan piringan untuk *incremental encoder* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Susunan Piringan Untuk *Incremental Encoder*

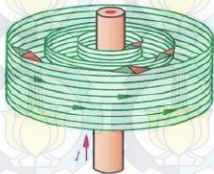
2.3 Elektromagnet[3]

Elektromagnet adalah prinsip pembangkitan magnet dengan menggunakan arus listrik. Aplikasi praktisnya kita temukan pada motor listrik, speaker, relay dsb. Sebatang kawat yang diberikan listrik DC arahnya meninggalkan kita (tanda silang), maka disekeliling kawat timbul garis gaya magnet melingkar, lihat Gambar 2.6



Gambar 2.6 Garis Gaya Magnet

Sebatang kawat pada posisi vertikal diberikan arus listrik DC searah panah, maka arus menuju keatas arah pandang (tanda titik). Garis gaya magnet yang membentuk selubung berlapis lapis terbentuk sepanjang kawat. Garis gaya magnet ini tidak tampak oleh mata kita, cara melihatnya dengan serbuk halus besi atau kompas yang didekatkan dengan kawat penghantar tsb. Kompas menunjukkan bahwa arah garis gaya sekitar kawat melingkar. Arah medan magnet disekitar penghantar sesuai arah putaran sekrup (James Clerk Maxwell, 1831-1879). arah arus kedepan (meninggalkan kita) maka arah medan magnet searah putaran sekrup kekanan. Sedangkan bila arah arus kebelakang (menuju kita) maka arah medan magnet adalah kekiri.



Gambar 2.7 Garis Magnet Membentuk Selubung Pada Kawat Berarus

Hukum tangan kanan untuk menjelas kan terbentuknya garis gaya elektromagnet pada sebuah gulungan atau coil dapat dilihat pada Gambar 2.8. Dimana sebuah gulungan kawat coil dialiri arus listrik, maka arah arusnya ditunjukkan sesuai dengan empat jari tangan kanan, sedangkan kutub magnet yang dihasilkan ditunjukkan dengan ibu jari untuk arah kutub utara dan kutub selatan arah lainnya.



Gambar 2.8 Hukum Tangan Kanan Lorenz

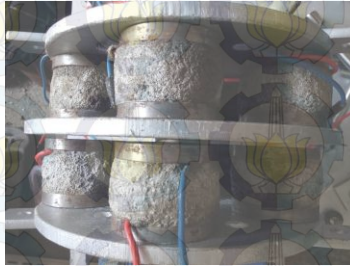
Untuk menguatkan medan magnet yang dihasilkan pada gulungan dipasangkan inti besi dari bahan ferromagnet, sehingga garis gaya elektromagnet menyatu

2.4 Rem Elektromagnetik

Rem adalah suatu alat yang digunakan untuk melakukan suatu aksi yang akan menurunkan kecepatan dalam selang waktu yang ditentukan. Tipe rem yang umum digunakan adalah rem yang menggunakan gaya gesek untuk memberikan gaya lawan terhadap gaya gerak. Sistem pengereman elektromagnetik menggunakan gaya elektromagnetik untuk memperlambat suatu gerakan. Sebuah piringan dengan bahan logam non-ferromagnetik terpasang dengan poros yang berputar. Piringan tersebut diapit oleh sisi stator berupa sistem lilitan elektromagnetik yang dapat membangkitkan medan magnet dari aliran listrik.

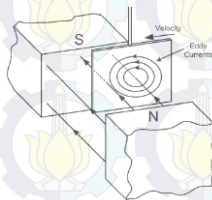
Arus listrik menimbulkan medan magnet pada lilitan dan logam piringan yang memotong medan magnet tersebut akan menimbulkan arus *eddy* pada piringan itu sendiri. Arus *eddy* ini akan menimbulkan medan magnet yang arahnya berlawanan dengan medan magnet sebelumnya, sehingga menghambat gerakan putar dari poros tersebut. Rem elektromagnetik akan optimal untuk memberikan penurunan kecepatan, bukan untuk menghentikan gerak suatu objek. Sehingga Rem ini sering diaplikasikan untuk sistem pengereman pada *roller coaster*, kereta api dan juga digunakan pada alat *dinamometer* untuk pengukuran torsi suatu mesin. Contoh dari bentuk fisik dari rem elektromagnetik

ditunjukkan oleh Gambar 2.9. Arus *eddy* yang melingkar menyebabkan medan magnet induksi melawan arah medan magnet mula-mula. Hal ini menyebabkan gaya pengereman yang melawan arah kecepatan konduktor yang bergerak memotong medan magnet dari kedua solenoid.



Gambar 2.9 Contoh Bentuk Fisik Rem Elektromagnetik

Gaya pengereman yang dihasilkan oleh arus melingkar *eddy* ditunjukkan oleh Gambar 2.10. Medan magnet yang arahnya menjauhi pengamat. Kemudian sebuah konduktor memotong medan magnet tersebut dengan kecepatan (besar dan arah) tertentu. Berdasarkan hukum Faraday, apabila terjadi perubahan medan magnet, maka akan timbul ggl pada konduktor. Pada konduktor, bidang yang mengalami perubahan fluks magnet hanya pada kedua sisinya, yang pertama adalah saat keluar dari medan magnet (fluks magnet yang lewat pada konduktor berkurang) dan yang kedua adalah saat memasuki medan magnet (fluks magnet yang melewati konduktor bertambah). Sedangkan bagian tengah konduktor tidak mengalami perubahan fluks magnet sehingga tidak timbul lagi. Dengan artian, gaya lawan hanya dihasilkan apabila permukaan tersebut memiliki kecepatan. Semakin tinggi kecepatan maka gaya lawan yang dihasilkan juga semakin besar. Namun semakin rendah kecepatan, maka gaya lawan akan semakin kecil.



Gambar 2.10 Gaya Pengereman Arus *Eddy*

BAB III

PERANCANGAN OTOMASI

Pada Tugas Akhir yang membuat Motor 3 *Phasa* Berbeban Elektromagnetik, ada 2 tahapan yang dilakukan yaitu :

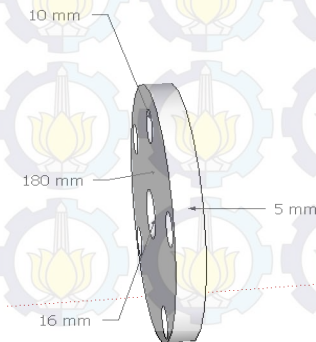
1. Perancangan Perangkat Keras
 - a. Perancangan Beban Rem Elektromagnetik
 - b. Perancangan *Panel Box*
 - c. Perancangan Rangkaian Penguat Tegangan *non inverting amplifier*
2. Perancangan Perangkat Lunak

3.1 Perancangan Perangkat keras

Perancangan Perangkat keras ini dimaksudkan agar tujuan dalam merakit alat tugas akhir kali ini dapat berjalan dengan baik dan tanpa mengalami kebingungan pada saat pengerjaan alat.

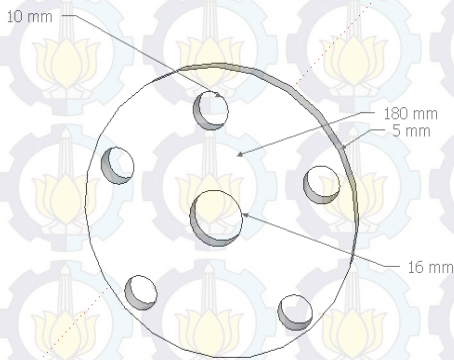
3.2 Prosedur Perancangan Rem Elektromagnetik

Prosedur dari perancangan rem elektromagnetik merupakan langkah-langkah apa yang harus diambil dalam pembuatan rem elektromagnetik ini. Beban Rem Elektromagnetik dalam hal ini terdapat beberapa bagian yaitu lempengan besi, kawat kumparan, besi, dan semen. Lempengan besi yang dimaksud dalam hal ini adalah lempengan besi yang dibentuk seperti pada Gambar 3.1 dan 3.2 dimana pada lempengan tersebut nantinya akan dapat digunakan sebagai tempat menempelkan kumparan kawat yang telah digulung pada besi.



Gambar 3.1 Lempeng Besi Tampak Depan

Dari Gambar 3.1 dapat dilihat bahwa lempengan besi tampak depan memiliki diameter lebar lempengan 180 mm dan tebal lempengan 5mm.



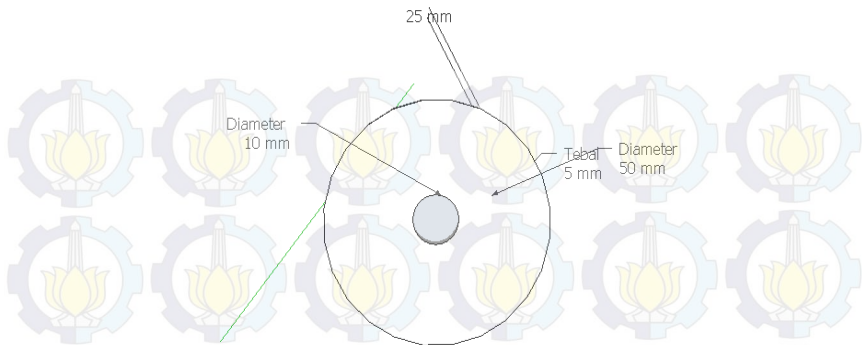
Gambar 3.2 Lempengan Besi Tampak Samping

Dari Gambar 3.2 dapat dilihat bahwa lempengan besi tampak samping memiliki diameter lebar lempengan 180 mm dan tebal lempengan 5mm. Kawat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.3. Setelah terbentuk lempengan besi langkah selanjutnya yang kami lakukan adalah menentukan kawat yang digunakan. Dimana kawat yang digunakan pada hal ini adalah kawat *email* yang memiliki 970 lilitan dengan tebal 3 mm.



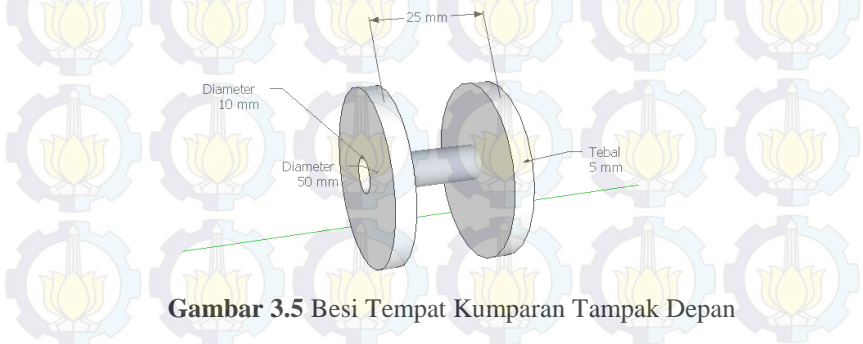
Gambar 3.3 Kawat *Email*

Setelah menentukan kawat kumparan yang digunakan baru kemudian dibuat besi dimana kawat kumparan dapat dililitkan. Rencana besi yang kami gunakan dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan 3.5.



Gambar 3.4 Besi Tempat Kumparan Tampak Samping

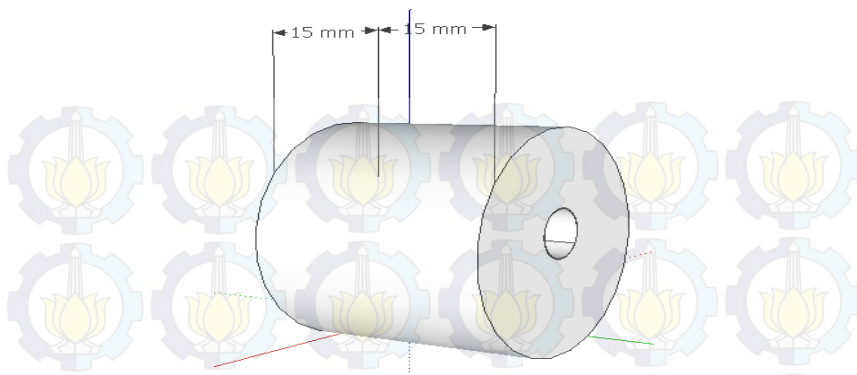
Gambar diatas menunjukkan posisi besi jika dilihat dari samping, sehingga dapat dilihat posisi lubang yang digunakan untuk menempelkan kumparan dengan piringan besi tempat kumparan.



Gambar 3.5 Besi Tempat Kumparan Tampak Depan

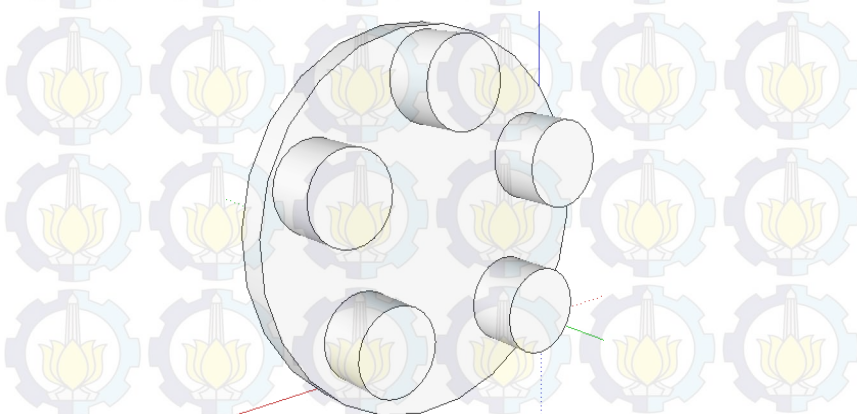
Pada besi tempat kumparan, antara lempeng satu dengan yang lainnya disambung menggunakan pipa besi, dimana sambungan tersebut direkatkan dengan cara dilas. Besi tempat kumparan tersebut memiliki lubang di kedua sisi lempengannya sebagai tempat baut yang digunakan untuk merekatkan pada lempengan besi utama.

Setelah besi tempat kumparan selesai dibuka barulah kumparan mulai digulung pada besi tersebut, dan untuk mereduksi panas ketikan kawat email mulai dialiri arus maka di gunakan semen sebagai penahan panas. Setelah kumparan digulung dan semen telah direkatkan maka tampilan kumparan yang diharapkan dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Besi dan Kumparan Setelah Disatukan dan di Semen

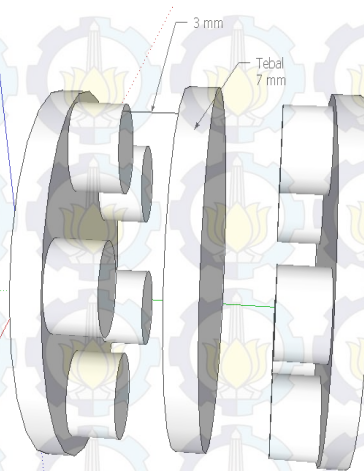
Setelah kumparan terbentuk langkah selanjutnya melakukan pengukuran terhadap tiap kumparan. Setelah semua kumparan telah diukur dan didapatkan hasil yang diinginkan, selanjutnya adalah menyatukan kumparan tersebut dengan lempengan besi sehingga didapatkan bentuk seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Hasil Perangkaian Kumparan dan Lempengan

Setelah selesai menyatukan kumparan dengan lempengan besi langkah selanjutnya adalah dengan menyatukan kumparan dan lempeng yang telah disatukan dengan lempengan aluminium yang nantinya akan di rem oleh rem elektromagnetik. Gambar penyatuan keseluruhan

kumparan dengan lempengan aluminium yang akan di rem dapat dilihat pada Gambar 3.8.

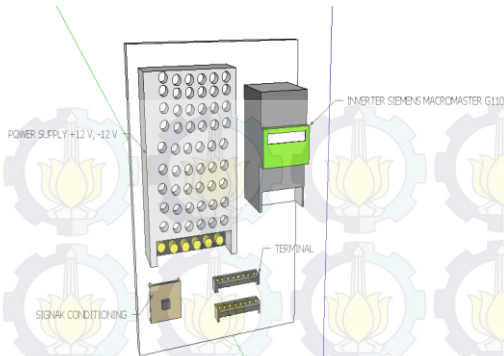


Gambar 3.8 Penyatuan Kumparan dan Aluminium

Dari Gambar 3.8 dapat dilihat bahwa setiap kumparan diletakkan secara berhadapan – hadapan dan ditengah antara kumparan adalah lempengan aluminium yang akan direm.

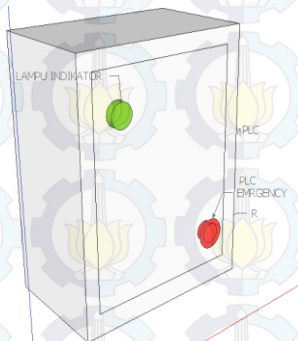
3.2.1 Perancangan *Panel Box*

Panel box dirancang sebagai tempat untuk semua rangkaian kelistrikan yang diperlukan untuk memberikan sumber tenaga listrik. Perancangan panel dibuat agar rangkaian – rangkaian yang diperlukan bisa lebih praktis dan ada pada satu tempat yang sama. Panel listrik terdiri dari rangkaian penguatan tegangan 2 kali, *Inverter*, dan rangkaian *power supply*. Panel kelistrikan bagian dalam dapat dilihat pada Gambar 3.9.



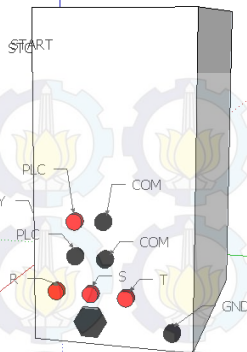
Gambar 3.9 Panel Kelistrikan Bagian Dalam

Pilot lampu yang dipasang pada panel kontrol ada 2 buah dimana lampu berwarna hijau menandakan bahwa sistem sudah aktif menggunakan kontroler dan merah menandakan bahwa sistem tidak sedang beroperasi. Pada *panel box* juga terdapat 2 buah *push button* dimana berfungsi untuk menyalakan sistem dan mengatur mesin beroperasi dengan *controller*.



Gambar 3.10 Panel Tampak Depan

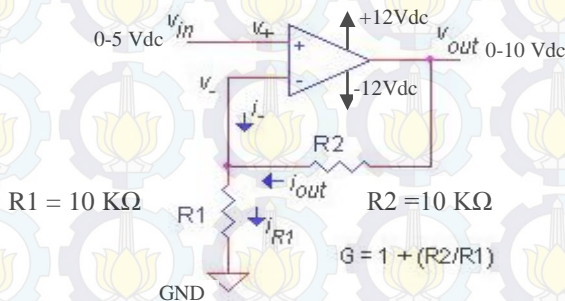
Pada Gambar 3.10 tersebut dapat dilihat posisi tombol *emergency* dan lampu indikator. Lampu indikator berfungsi sebagai penanda bahwa tegangan pada *panel box* sudah tersambung dengan baik. Pada Gambar 3.11 dapat dilihat posisi panel box dari samping, disini dapat diketahui tempat untuk menancapkan kabel *PLC*, kabel motor, dan kabel *encoder*, serta kabel *grounding*.



Gambar 3.11 Panel Tampak Samping

3.2.2 Perancangan *Non Inverting Amplifier*

Rangkaian *non inverting amplifier* yang dibuat adalah rangkaian penguat yang digunakan untuk menentukan tegangan agar sesuai dengan tegangan yang dibutuhkan. Karena tegangan keluaran *PLC* antara 0-5 Volt, sedangkan tegangan yang dibutuhkan oleh *inverter* adalah sekitar 0-10 Volt, maka dibutuhkan rangkaian penguat dua kali agar tegangan keluaran dari *PLC* dapat disesuaikan dengan tegangan yang dibutuhkan oleh *inverter* yaitu 0-10 Volt.



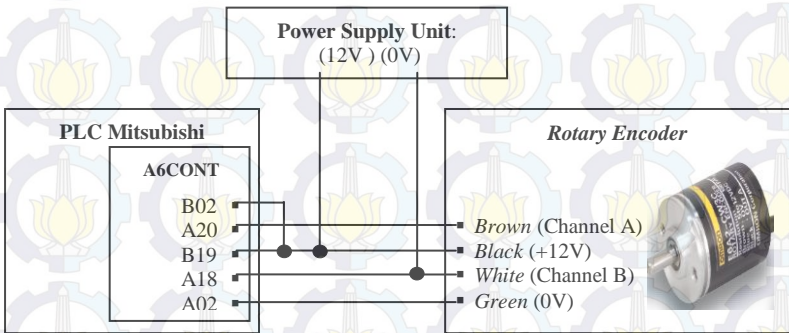
Gambar 3.12 Rangkaian *Non Inverting Amplifier*

Pada rangkaian penguat ini menggunakan IC *LM741* dan 2 buah resistor 10k *Ohm*. Dengan menggunakan rangkaian *non inverting* seperti pada Gambar 3.12 maka dapat diperoleh besar tegangan *output* dua kali lebih besar dari tegangan *input*. Dari rumus tersebut

dengan perbandingan R1 dan R2 adalah 1 maka dapat diperoleh $V_{out} = 2 V_{in}$.

3.2.3 Sensor Rotary Encoder

Terdapat 4 kabel koneksi sensor *rotary encoder* yang memiliki warna dan fungsi berbeda-beda, yaitu *channel A* (*brown*), *channel B* (*white*), *supply +12V* (*black*), dan *supply 0V* (*green*). Kabel - kabel ini dihubungkan ke modul *High Speed Counter* yang ada pada *PLC Mitsubishi* melalui sebuah konektor *A6CONT*. *Wiring diagram* antara kabel *rotary encoder* dan konektor dapat dilihat pada Gambar 3.13 dan alamat *external i/o terminal* yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.1



Gambar 3.13 Wiring antar Pin Sensor Rotary Encoder dengan Konektor A6CONT

Tabel 3.1 Alamat *External I/O Terminals* yang Digunakan

Terminal Number	Signal Name
B02	24 V
A02	0 V
A18	Out B
A20	Out A

Gambar 3.13 dan Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa sensor *rotary encoder* yang digunakan adalah sensor *rotary encoder* dengan konektor *a6cont*.

3.2.4 Inverter Siemens Sinamics G110

Inverter siemens sinamics g110 adalah *inverter* pengendali frekuensi untuk putar balik motor AC tiga fasa *Inverter* ini adalah sebuah *mikroprocessor* pengontrol yang menggunakan teknologi

Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) yang membuatnya lebih memiliki kegunaan dan keandalan. Bentuk fisik *inverter siemens sinamics g110* dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Bentuk Fisik *Inverter Siemens Sinamics G110*

Sinamics G110 hanya memiliki satu pilihan *mode operator panel*, yaitu:

- *Basic Operator Panel (BOP)*

Pada *mode BOP* yang ditampilkan hanya berupa informasi frekuensi (Hz),










Parameter dan informasi yang ditampilkan *LCD*. Pada tugas akhir ini, *inverter Sinamics G110* digunakan dalam *mode BOP*. Dapat dilihat pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Operator Panel *BOP*










Terdapat beberapa tombol yang memiliki fungsi berbeda untuk pengoperasian *inverter sinamics G110*. Beberapa tombol tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Fungsi Tombol *Inverter Micromaster G110*

Panel/Button	Fungsi	Keterangan
	Status Indikasi	Tampilan <i>LCD</i> saat akan memilih parameter yang akan di- <i>setting</i>
	<i>Start Motor</i>	Tombol untuk menjalankan motor
	<i>Stop Motor</i>	Tombol untuk memberhentikan motor
	<i>Change Direction</i>	Tombol untuk mengubah arah putaran motor
	<i>Jog Motor</i>	Tombol untuk menjalankan motor sesuai <i>joging present</i> . Motor akan berjalan selama tombol ditahan
	<i>Functions</i>	Tombol untuk menampilkan informasi tambahan. Tombol ini
	<i>Access Parameter</i>	Tombol untuk mengakses parameter
	<i>Increase Value</i>	Tombol untuk menaikkan nilai yang ditampilkan
	<i>Decrease Value</i>	Tombol untuk menurunkan nilai yang ditampilkan

Dan untuk mengakses parameter pada inverter ini digunakan tombol-tombol sebagai berikut :

Tabel 3.3 Fungsi Tombol *Inverter*

No	Langkah-langkah	Tampilan
1	Tekan  untuk mengakses parameter	
2	Tekan  hingga muncul P0003	
3	Tekan  untuk mengubah nilai parameter	
4	Tekan  atau  untuk memilih nilai yang diinginkan	

No	Langkah-langkah	Tampilan
5	Tekan P kembali untuk memilih	P0003
6	Sekarang pengguna bias mengatur parameter	

Quick comissioning adalah cara mudah untuk mengkonfigurasi *sinamics G110* secara optimal terhadap motor tertentu yang berarti memberikan tugas kepada *inverter* untuk menjalankan motor. Namun ada beberapa data atau parameter yang harus dimasukkan atau diubah sesuai *name plate* pada motor yang akan digunakan, seperti batas frekuensi operasi, waktu *ramp-up*, waktu *ramp-down*, dan lain-lain.

Agar nantinya motor bisa dikendalikan melalui *inverter*, maka perlu dilakukan serangkaian proses *Quick Commissioning* untuk memasukan nilai-nilai parameter. Nilai parameter yang dimasukkan harus sesuai dengan spesifikasi mekanis dari motor yang akan diatur kecepatannya. Berikut adalah *name plate motor* yang dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Name Plate Motor

<i>Alliance – Italy</i>		<i>IEC 34 – CE</i>
<i>TYPE AY 638 – 4</i>		No. 02030688
0,18 KW	0,25 HP	1,07/0,62 A
220/380 V	1310 r/min	LW 52 dB (A)
<i>CON Δ/Y</i>	<i>Port Grade. IP 55</i>	50 Hz 4,7 Kg
<i>JB/78680, 1-1998</i>	<i>Work Rule 51</i>	<i>INS. CLASS F DATE 02</i>

Kemudiam dimasukkan datanya ke proses *quick commissioning*. Berikut langkah-langkah dalam proses *Quick Commissioning* :

1. P003 (*User Access Level*)

P003 adalah parameter pertama yang muncul dalam proses pemasukan data parameter ini. Untuk mengakses parameter maka dengan menekan tombol “P”, kemudian akan muncul 3 pilihan yang terdapat dalam pengaturan ini. Memilih “1”, kemudian menekan kembali tombol “P” untuk menyimpan nilai parameter.

2. P0010 (*Start Quick Commissioning*)

P0010 adalah pengaturan untuk memulai mengubah parameter dari *inverter* sesuai dengan karakteristik motor. Dengan cara menekan tombol “P” yang ada di *inverter*,

maka untuk memulai *Quick Comissioning* dengan memilih “1”, untuk menyimpan parameter yang sudah diatur dengan cara menekan tombol “P” pada *inverter*.

3. P0100 (*Operation for Europe / America*)
P0100 adalah parameter untuk memilih frekuensi operasi yang akan digunakan untuk menggerakkan motor. Ada 3 pilihan dalam pengaturan ini. Karena frekuensi di Indonesia sendiri hanya menyediakan jaringan listrik dengan frekuensi 50Hz, sehingga diharuskan memilih opsi “0”.
4. P0304 (*Rated Motor Voltage*)
P0304 adalah parameter untuk menentukan nilai suplai tegangan motor, pada bagian ini kisaran yang diperbolehkan yaitu 10 –2000 V. Dalam mengisi parameter ini, nilai yang dimasukkan harus sesuai dengan informasi yang ada pada *name plate* motor. Besar nominal tegangan motor (*Volt*) yang tertera pada *name plate* adalah 380V, sehingga nilai yang harus diisi adalah 380.
5. P0305 (*Rated Motor Current*)
P0305 adalah parameter untuk nilai arus nominal dari motor. Pada bagian ini kisaran yang diperbolehkan yaitu 0 – 2x. Nilai Arus nominal yang ada pada *name plate* motor yaitu 0,62 A.
6. P0307 (*Rated Motor Power*)
P0307 adalah parameter yang menentukan nilai daya motor. Pada bagian ini kisaran yang diperbolehkan adalah 0,12 – 3,0 KW (0,16– 4,02 HP). Besar nominal daya motor (KW) motor yaitu 0,18 KW.
7. P0310 (*Rated Motor Frequency*)
P0310 adalah parameter yang menentukan nilai frekuensi motor. Pada bagian ini kisaran yang diperbolehkan 12 – 650 Hz. Besar nominal frekuensi motor yang tertera pada *name plate* yaitu 50 Hz.
8. P0311 (*Rated Motor Speed*)
P0311 adalah pengaturan untuk menentukan nilai kecepatan motor, pada bagian ini kisaran yang diperbolehkan 0 – 40000 rpm. Besar nominal kecepatan motor (*rpm*) pada *name plate* yaitu 1310 rpm.
9. P0700 (*Selection of Command Source*)
P0700 adalah parameter untuk pemilihan sumber perintah, dimana nantinya akan muncul tiga pilihan, karena semua pengaturan berasal dari *inverter* itu sendiri tanpa

memerlukan perangkat lain, maka memilih angka “1” *Basic Operator Panel*.

10. P1000 (*Selection of Frequency Setpoint*)

P1000 adalah parameter untuk menentukan pengontrolan frekuensi *inverter*. Ada 4 pilihan ketika kita akan menentukan metode pengontrolan frekuensi pada *inverter*. Karena untuk mengendalikan motor tiga fasa menggunakan *Programmable Logic Controller* dimana PLC ini memberikan tegangan kerja 0–5V, maka untuk pengendalian frekuensinya menggunakan pilihan “2”, yaitu *analog setpoint*.

11. P1080 (*Minimum Frequency*)

P1080 adalah parameter untuk menentukan nilai minimal frekuensi motor dengan kisaran frekuensi 0–650 Hz. Motor yang digunakan diatur minimal frekuensi motor sebesar 0 Hz.

12. P1082 (*Maximum Frequency*)

P1082 adalah parameter untuk menentukan nilai maksimum frekuensi motor dengan kisaran sebesar 0–650 Hz, dimana motor yang digunakan frekuensinya diatur maksimal sebesar 50 Hz.

13. P1120 (*Ramp-up Time*)

P1120 adalah parameter untuk menentukan nilai *ramp-up time*. *Ramp-up time* adalah waktu yang dibutuhkan oleh motor dari keadaan diam sampai frekuensi motor maksimum. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai frekuensi motor maksimum adalah sebesar 10s.

14. P1121 (*Ramp-down time*)

P1121 adalah parameter untuk menentukan nilai *ramp-down time*. *Ramp-down time* adalah waktu yang dibutuhkan oleh motor untuk mengurangi kecepatan motor pada saat motor dalam keadaan frekuensi motor maksimum sampai berhenti. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai frekuensi motor dalam keadaan maksimum sampai berhenti adalah sebesar 10s.

15. P3900 (*End Quick Commissioning*)

P3900 adalah parameter untuk menentukan *End Quick Commissioning*. Setelah semua parameter telah diatur, maka yang perlu dilakukan adalah memilih angka “1”, yaitu *End Quick Commissioning* dengan mengatur ulang semua pengaturan pabrik.

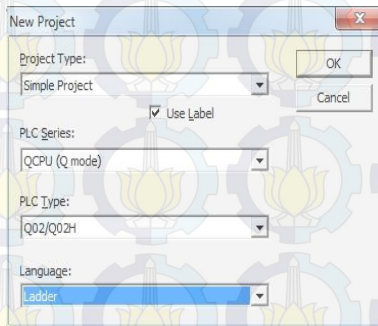
3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak ini akan dibahas pemrograman pada *PLC* untuk mengontrol *Plant Motor 3 Fasa* dengan menggunakan *GX-Works2*, pengambilan data dengan menggunakan *MX-Component* dan *MX-Sheet*.

3.3.1 Pemrograman GX Works2[4]

Untuk membuat program pada *PLC Mitsubishi* digunakan *software* dari *MELSOFT* yaitu *GX Works2*. Pada Tugas Akhir ini menggunakan bahasa pemrograman *ladder diagram*. Berikut adalah langkah-langkah dalam membuat program:

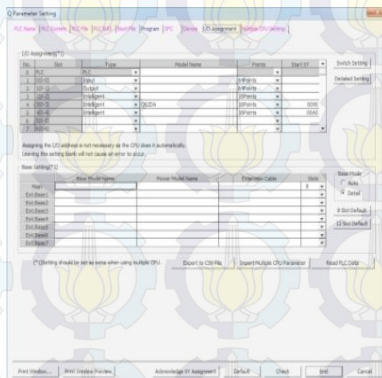
1. Membuat *Project* baru. Langkah pertama adalah menentukan tipe *project* yang akan dibuat, yaitu *simple project* karena hanya membutuhkan *ladder diagram*. Selanjutnya menentukan seri *PLC* yang digunakan, yaitu *QCPU (Q-Mode)* dan menentukan tipe *CPU PLC* yang digunakan. Pilih *CPUQ02/Q02H*. Kemudian menentukan bahasa pemrograman yang akan dibuat, yaitu *ladder diagram*. Setelah semua parameter ditentukan, klik *OK* untuk melanjutkan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Pembuatan *Project* Baru

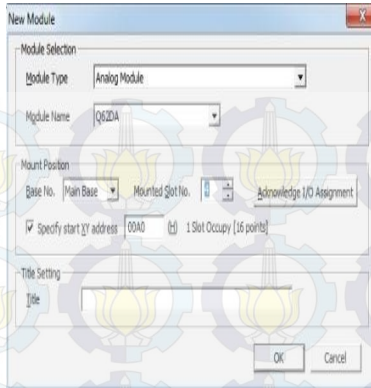
2. Inisialisasi *PLC* parameter. Pada *PLC* terdapat modul-modul yang harus diinisialisasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Modul yang akan digunakan adalah modul *I/O QX42* dan *QY42P*, modul *Q62DA* untuk *DAC (Digital to Analog Converter)* dan modul *QD62 (High Speed Counter)* yang digunakan untuk menghitung pulsa keluaran dari *rotary*

encoder yang akan dikonversi menjadi satuan kecepatan (rpm). Pada *PLC* yang digunakan modul *DAC* pada slot ke-3 dengan alamat 0090 dan sedangkan modul *High Speed Counter* pada slot ke-4 dengan alamat 00A0. Tampilan *PLC* parameter dapat dilihat pada Gambar 3.17



Gambar 3.17 Inisialisasi *PLC* Parameter

3. Membuat *Intelligent Function Module Q62DA*. Pada *Intelligent Function Module* diklik kanan, lalu klik *new module*. Pada bagian *Module Type* dipilih *Analog Module* dan *Module Name* dipilih *QD62DA* .Selanjutnya pada *Mount Slot No* .dipilih 4. Setelah diklik *OK*, lalu mengisi parameter *Switch Setting*, *Parameter* ,dan *Auto Refresh*. Pada *Switch Setting*, *Parameter* pada *CH1* diubah menjadi *0 to 5V* . Pada *Parameter*, *Set the D/A conversion system* pada *CH1* diubah menjadi *0 Enable*. Pada *Auto Refresh*, *Digital Value* pada *CH1* diisi dengan alamat *memory* yang ingin dijadikan *output* tegangan pada *D/A*. Tampilan *New Module* dapat dilihat pada Gambar 3.18.



Gambar 3.18 Tampilan *New Module*

4. Membuat program *ladder diagram*. Program yang telah dibuat pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Lampiran.
5. *Compile* dan masukkan program ke *PLC*. Sebelum dimasukkan ke *PLC*, program harus di *Compile* dulu dengan cara klik *Compile* lalu klik *Rebuild All*. Untuk memasukkan program, klik *Online* lalu pilih *Write to PLC*.

3.3.2 *MX Component*[4]

MX Component berfungsi sebagai komunikasi antar perangkat *PLC* dengan perangkat komputer yang digunakan untuk menyimpan data dari *plant*. Langkah-langkah untuk melakukan konfigurasi *MX Component* adalah sebagai berikut:

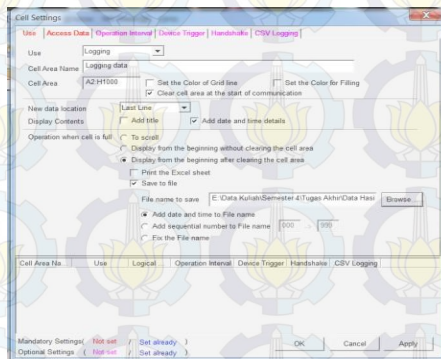
1. *Start >> All Programs >> Melsolt Application >> MX Component >> Communication Setup Utility*
2. Klik *Wizard >> Isi Logical Station Number >> Klik Next*
3. *Setting PC Side I/F (Serial) >> Connect Port (COM1) >> Time Out (10000ms) >> Klik Next*
4. *Setting PLC Side I/F (CPU module) >> CPU type (Q02(H) >> Transmission speed (9600ms) >> Control (DTR or RTS Control) >> Next*
5. *Setting Station type (Host Station) >> Klik Next*
6. Klik *Finish*, Kembali ke menu *Target Setting*, dan tekan *Exit*.

Maka konfigurasi *MX Component* selesai dilakukan.

3.3.3 MX Sheet[4]

MX Sheet adalah *software* digunakan untuk mengambil data dari *plant* yang akan digunakan untuk identifikasi maupun untuk analisa data dari kontroler yang dibuat, tampilan dapat dilihat pada Gambar 3.19. Berikut langkah–langkah untuk melakukan konfigurasi *MX–Sheet*:

1. *Start Ms.Excel 2003* dan *save Ms.Excel* dengan nama yang diinginkan.
2. Blok *cell area* yang akan digunakan untuk pengambilan dimana data *logging* akan ditampilkan.
3. Klik *Add On MX Sheet >> cell setting* dari menu bar untuk *setting acces* data.
4. Menampilkan “*cell setting*”. *Setting “Use”* dan setelah selesai klik *setting acces* data.



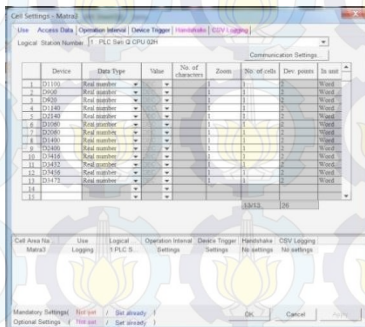
Gambar 3.19 Tampilan Menu *Use*

keterangan:

- | | |
|--------------------------------|--|
| a) Menu Use | : Logging |
| b) Cell Area Name | : 1 (dapat dirubah) |
| c) Cell Area | : A2:H2000 (dapat dirubah) |
| d) New Data Location | : Last line |
| e) Display Content | : Add date and time detail |
| f) Operation When Cell is Full | : Display from the begginnng after clearing the are cell(Supaya data yang telah di record apabila telah melebihi 1000 maka data bias disimpan secara otomatis) |

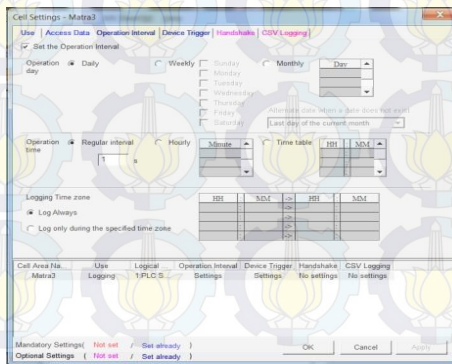
- g) Nama *Save File* : *File* harus disimpan dengan nama yang berbeda darinama penyimpanan awal

5. Pada Gambar 3.20 menu *Access data*, atur *Logical Station Number* dengan cara klik *Communication Settings* untuk memulai *Communication Setup Utility* untuk setting *logical station number* dengan syarat harus sudah mengaktifkan *Communication Setup Utility* pada *MX Component*.



Gambar 3.20 Plot Tampilan Menu *Access Data*

6. Gambar 3.21 setting *logging operation interval* untuk *sampling* pengambilan data dan waktu yang dibutuhkan untuk pengambilan data.

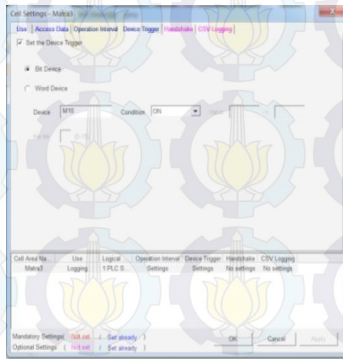


Gambar 3.21 Tampilan Menu *Operational Interval*

keterangan:

- a. *Set the Operation Interval* : *Check*
- b. *Operation day* : *Daily*
- c. *Operation time* : *Regular interval (1 s)*
- d. *Logging Time* : *Log Always*

7. Gambar 3.22 Setting Device trigger untuk memulai pengambilan data.



Gambar 3.22 Tampilan Menu Device Trigger

keterangan:

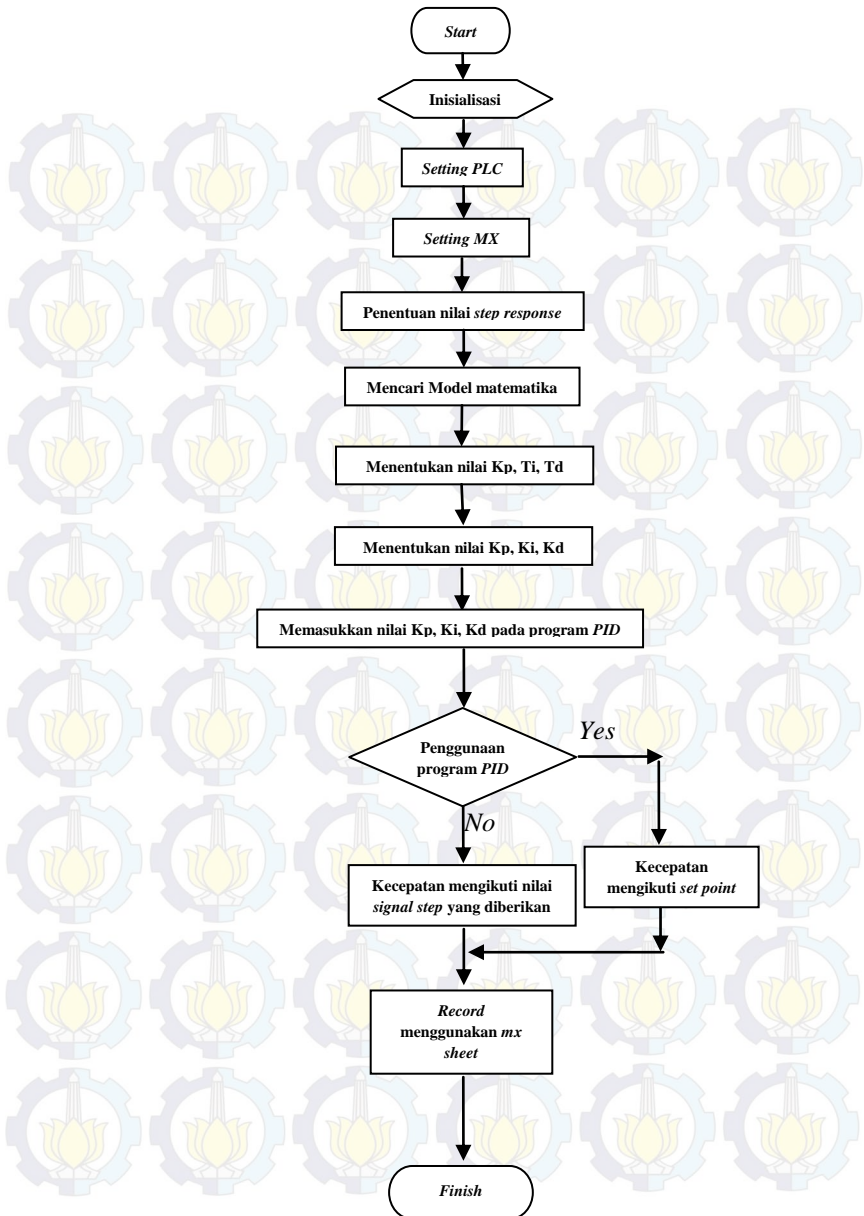
- 1. *Set Device Trigger* : *Check*
- 2. *Bit Device* : *Device X0 Condition ON*, jadi pengambilan data akan dimulai pada saat device M10 pada kondisi ON

Untuk Memulai pengambilan data, klik *start Communication* pada menu bar *mx sheet*.

3.4 Tahapan Umum Pengambilan Data

Tahapan proses merupakan suatu gambaran umum dari proses yang terjadi pada *plant* untuk menentukan langkah-langkah atau tahapan yang dilakukan pada *plant* hingga akhirnya keluaran atau hasil *output* dari *plant* dapat di *record* menggunakan *mx sheet*. Dimana dalam bagian ini dapat dilihat bagaimana urutan dalam pengoperasian dari *plant*. Mengetahui gambaran secara umum dari *plant* adalah salah satu

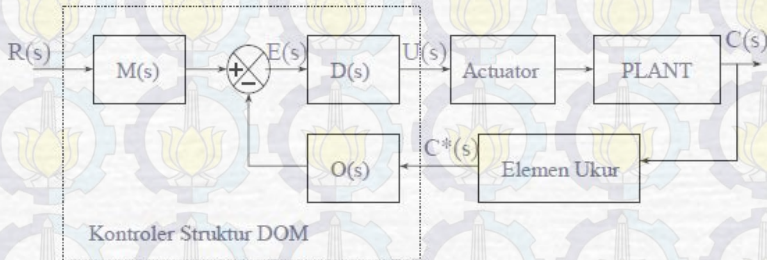
hal penting yang harus dilakukan sebelum memutuskan untuk digunakan seperti apakah nantinya *plant* yang telah dibuat. Karena jika tidak ada gambaran secara umum dari proses awal hingga pengambilan data maka seseorang yang baru mempelajari tentang materi ini akan kesulitan memahami hal apa yang sebenarnya ingin dicapai dalam penelitian ini. Karena jika tidak ada gambaran umum ini akan sulit dilihat kontroler apakah sebenarnya yang digunakan dalam penelitian kali ini. Sehingga dengan digambarkannya proses yang terjadi pada *plant* hingga proses pengambilan data ini akan memudahkan untuk menentukan proses apa saja yang harus dilakukan untuk mendapatkan data yang diharapkan. Dalam tahapan proses ini agar lebih mudah untuk dipahami maka dibuatlah *flowchart*. Dalam *flowchart* tersebut dapat dilihat bahwa hal yang paling utama dilakukan sebelum melakukan pengambilan data adalah melakukan inisialisasi, dimana hal ini dimaksudkan agar pengguna dapat mengetahui bagian apa saja yang nantinya dapat menjadi *input* dan *output* dari program pengambilan data yang dibuat. Dimana *flowchart* ini adalah hal yang perlu dilakukan agar *plant* bisa berjalan sesuai dengan yang diinginkan. Dalam *flowchart* dapat dilihat bahwa kontrol yang digunakan adalah kontrol *PID* dan program atau *software* yang digunakan untuk proses pengambilan data adalah *software mx sheet*. Dimana hasil data yang di *record* oleh *mx sheet* selanjutnya akan ditampilkan dalam bentuk tabel yang dapat diamati dengan mudah menggunakan *ms. Excel 2003*. Data dari proses ini akan menghasilkan dua data yaitu data model *plant* dan parameter kontrol. Hal tersebut merupakan hal yang sangat penting dalam proses pengambilan data yang dilakukan. Hasil gambar *flowchart* dapat dilihat pada Gambar 3.23.



Gambar 3.23 Flowchart Tahapan Umum Pengambilan Data

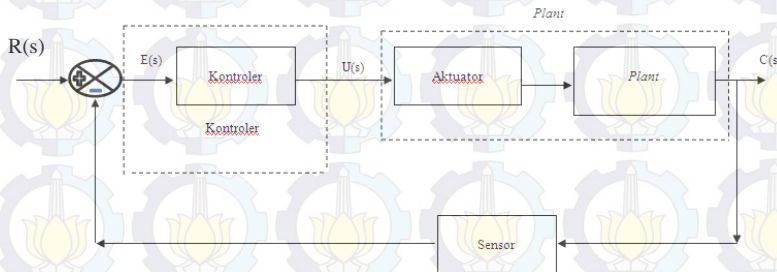
3.5 Model Matematik *Plant*[5]

Secara umum model matematika sebuah *plant* dan kontroler jika digambarkan dalam blok diagram maka akan terlihat seperti Gambar 3.24.



Gambar 3.24 Blok Diagram Kontroler Secara Umum

Blok diagram tersebut jika dilihat dalam sisi yang lebih sederhana maka akan terlihat seperti pada Gambar 3.25. Dimana bentuk yang lebih sederhana ini dimaksudkan agar model dapat lebih mudah dipahami

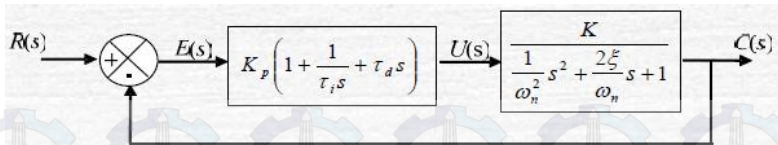


Gambar 3.25 Blok Diagram Bentuk Sederhana

Keterangan :

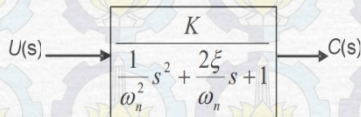
- $E(s)$: *Error Signal*
- $U(s)$: *Control Signal*
- $C(s)$: *Feedback Signal*

Setelah ditentukan mana bagian kontroler dan mana bagian plant maka dapat diketahui blok diagram hubungan antara kontroler dan plant. Blok diagram ini dapat dilihat pada Gambar 3.26.



Gambar 3.26 Blok Diagram Kontroler dan *Plant*

Sehingga dari diagram tersebut dapat diketahui bahwa model matematik dari *plant* tersebut adalah seperti yang dapat diamati pada Gambar 3.27.



Gambar 3.27 Model Matematik dari *Plant*

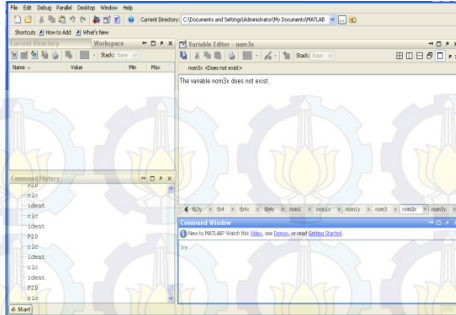
3.6 Proses Pengolahan Data

Pada proses pengolahan data digunakan program *matlab*. Hal ini dikarenakan jika digunakan hanya *mx sheet* saja maka sulit untuk diketahui model matematikanya. Karena dalam *mx sheet*, digunakan program *excel* sebagai alat pengambil. Dalam program *excel* sendiri tidak fungsi untuk mengolah data yang telah didapatkan sehingga diputuskan untuk menggunakan program *matlab*.

3.6.1 *Matlab 7.6.0 (R2008a)*

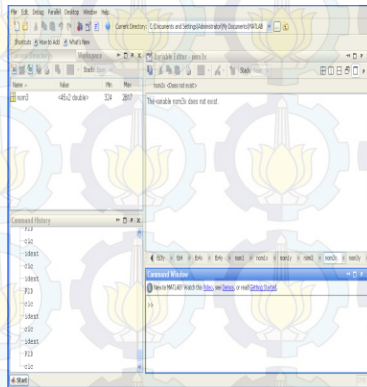
Matlab adalah suatu program yang digunakan oleh banyak kalangan untuk melakukan proses pengolahan data. Hal ini dikarenakan pengoprasian program yang cukup mudah dan dapat dihasilkan hasil seperti yang diharapkan. Didasari oleh hal tersebutlah pada Tugas Akhir kali ini digunakan program *matlab* versi 7.6.0 (R2008a). Langkah langkah penggunaan program adalah sebagai berikut :

1. Buka program *matlab* hingga muncul dialog utama seperti Gambar 3.28.



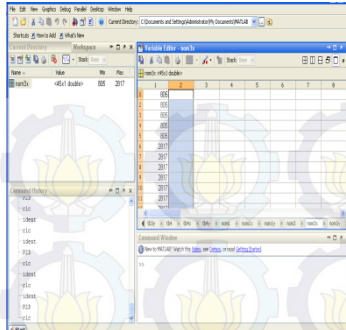
Gambar 3.28 Dialog Utama Matlab

2. Klik *work space* untuk memulai pengolahan data
3. Klik *import data*, kemudian pilih data yang akan diolah, dalam hal ini data harus berbentuk *.txt*
4. Klik *next* kemudian klik *finish*, data sudah dimasukkan. Hasil tampilan dapat dilihat pada Gambar 3.29



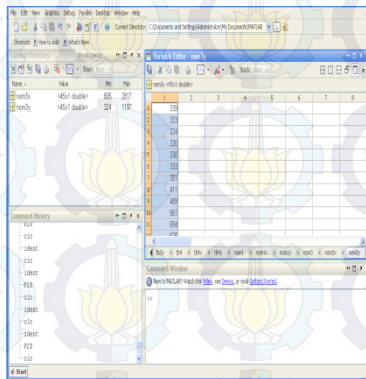
Gambar 3.29 Input Data

5. Hilangkan data yang berada pada kolom 2 dan ubah nama data misal *nom3* menjadi *nom3x* dan dapat dilihat pada Gambar 3.30.



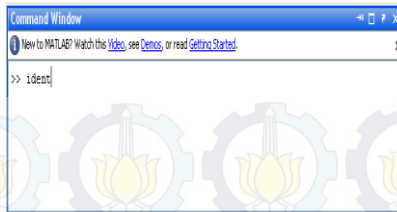
Gambar 3.30 Penggantian Nama dan Data

6. Kemudian ulangi langkah diatas untuk memasukkan data kedua, hingga didapatkan 2 data contoh *nom3x*, dan *nom3y*. Tetapi hilangkan data pada kolom pertama. Hasil tampilan dapat dilihat pada Gambar 3.31.



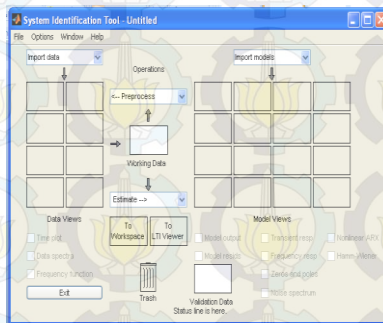
Gambar 3.31 2 Input Data

7. Ketik *ident* pada *command window*. Sehingga muncul dialog *system identification tool*. Dapat dilihat pada Gambar 3.32 dan 3.33



Gambar 3.32 Aktivasi

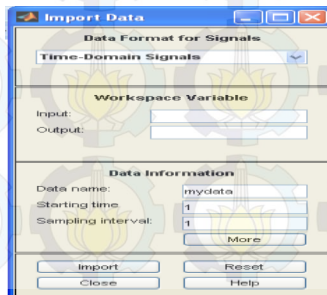
Gambar 3.32 adalah hasil tampilan aktivasi yang diketik *ident*.



Gambar 3.33 *System Identification Tools*

Gambar 3.33 adalah hasil setelah diident dan akan muncul tampilan *system identification tools*.

8. Klik *import data* kemudian pilih *time domain data* hingga muncul dialog seperti pada Gambar 3.34.



Gambar 3.34 Dialog *Time Domain Data*

9. Kemudian isikan :

- a. *Input* : $nom3x$
- b. *Output* : $nom3y$
- c. *Starting time* : 0
- d. *Sampling interval* : 0.1

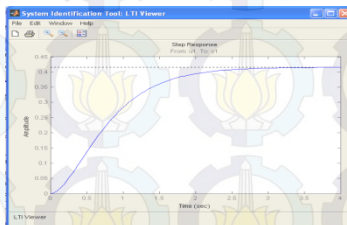
10. Klik *import* kemudian klik *estimate* pilih *process models* kemudian ganti nilai *pole* menjadi 2 lalu klik *estimate* hingga muncul hasilnya seperti Gambar 3.35.



Gambar 3.35 Hasil Dari Pengolahan Data

Gambar 3.35 adalah hasil setelah diklik *estimate* dan akan muncul tampilan seperti diatas.

11. Kemudian *drag and drop* hasilnya pada bagian *To LTI View* hingga muncul dialog seperti Gambar 3.36.



Gambar 3.36 Hasil LTI View

Gambar 3.36 adalah hasil setelah didrag *and drop* maka muncul dialog seperti diatas.

12. Kemudian klik *file*, kemudian klik *export*, lalu klik *P2D* dan terakhir klik *export to workspace*.

13. Untuk mengetahui model matematikanya ketikkan *P2D* pada *command window* dan akan muncul model matematika yang diinginkan, dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.37.



Gambar 3.37 Model Matematika yang Dicari

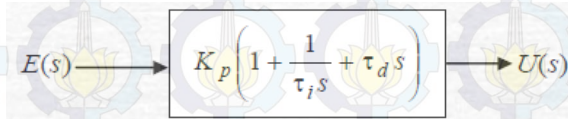
Setelah dilakukan pengolahan data maka model matematik dari *plant* dapat diperoleh. Dan hasil dari pengolahan data ini dapat dilihat pada Tabel 4.5.

3.7 Perancangan Kontroler[4]

Kontroler merupakan salah satu komponen system yang berfungsi mengolah sinyal umpan balik dan sinyal referensi menjadi sinyal kontrol sedemikian rupa sehingga performansi dari sistem yang dikendalikannya sesuai dengan spesifikasi performansi yang diinginkan.

Dalam perancangan kontroler *plant* rem elektromagnetik digunakan kontroler *PID*. Kontroler *PID* adalah Merupakan kontroler feed-forward yang berfungsi mengolah sinyal error menjadi sinyal kontrol, di mana hubungan sinyal kontrol terhadap sinyal error dapat proporsional, integral, diferensial atau gabungan diantaranya.

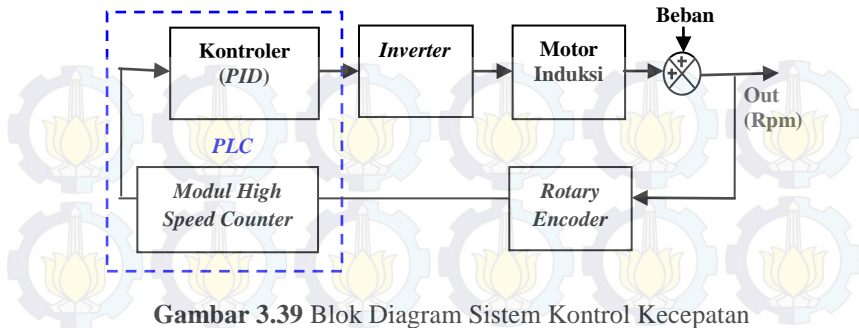
Pada Gambar 3.26 maka dapat diketahui bahwa model kontroler yang digunakan dalam *plant* adalah seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.38.



Gambar 3.38 Model Matematik Kontroler

Setelah diketahui model dari kontroler yang digunakan maka, dengan menggunakan salah satu metode yaitu metode analitik akan dapat diperoleh nilai K_p , T_i , dan T_d .

3.7.1 Metode Analitik



Gambar 3.39 Blok Diagram Sistem Kontrol Kecepatan

Gambar 3.39 merupakan blok diagram kecepatan namun blok diagram model analitik secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.26. Sehingga dari gambar tersebut bisa diperoleh Persamaan 3.1 dan 3.5. Metode ini didekati dengan pendekatan orde 2 tanpa adanya *delay*. Kontroler proporsional, integral, dan diferensial sendiri merupakan (*PID*) merupakan kontroler yang aksi kontrolernya mempunyai sifat proporsional, integral, dan diferensial terhadap sinyal kesalahan. Untuk menentukan nilai-nilai control *PID* ini adalah dengan cara menentukan nilai penguatan proporsional (K_p), waktu integral (τ_i), dan waktu diferensial (τ_d) yang tepat dan diharapkan respon *plant* orde kedua tanpa *delay* sesuai dengan performansi yang diharapkan. Persamaan dari metode ini dapat dilihat sebagai berikut :

$$\frac{U_s}{E_s} = K_p \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right) \quad (3.1)$$

Keterangan :

- K_p = Penguatan proporsional
- τ_i = Waktu integral
- τ_d = Waktu differensial

Dari persamaan tersebut kemudian dapat dicari masing-masing nilai dari K_p , τ_i , dan τ_d . Dimana persamaan untuk mencari nilai-nilai tersebut adalah sebagai berikut :

$$\frac{K}{\omega_n^2 s^2 + \frac{2\xi}{\omega_n} s + 1} \quad (3.2)$$

$$\tau i = \frac{2\xi}{\omega n} \quad (3.2)$$

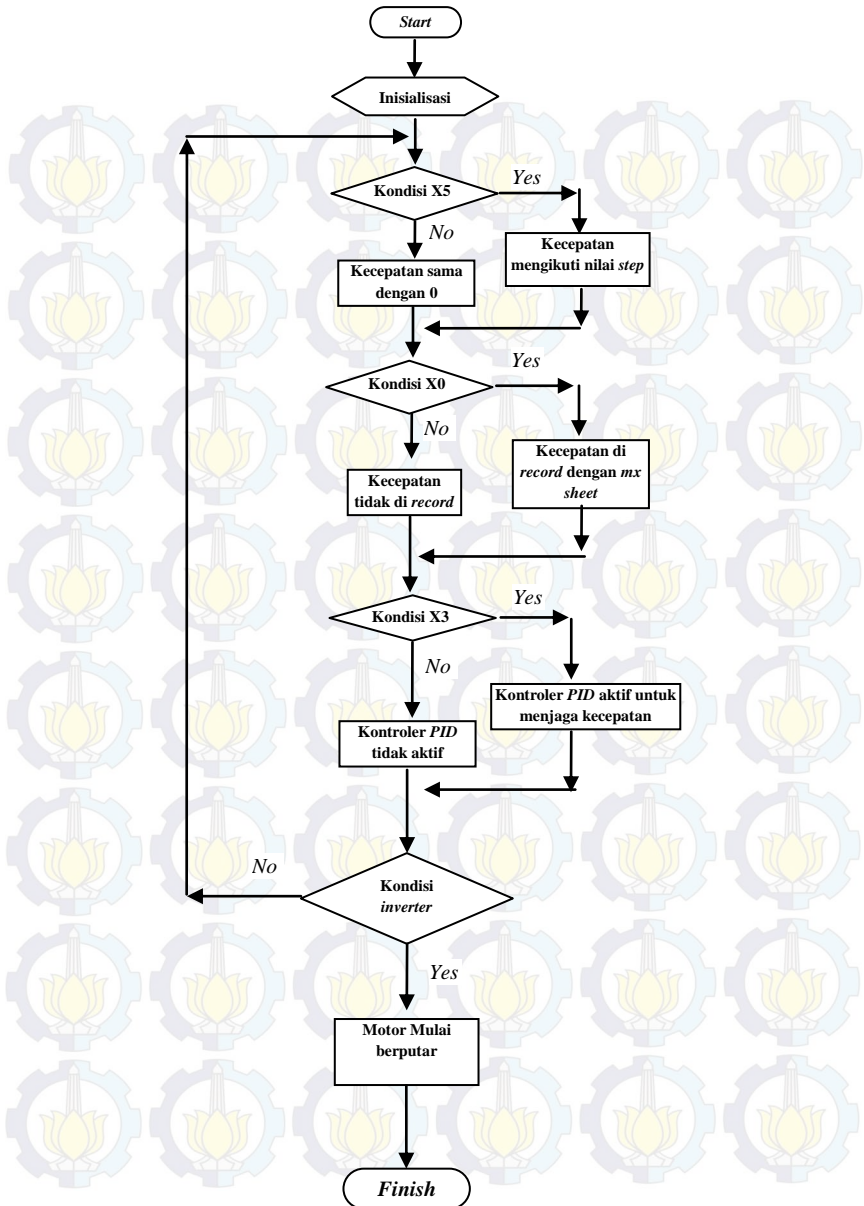
$$\tau d = \frac{1}{2\xi\omega n} \quad (3.3)$$

$$Kp = \frac{1}{\tau \cdot \omega n K} \quad (3.4)$$

Keterangan :

- K = *gain overall*
- ωn = frekuensi alami tak teredam
- ξ = rasio redaman

Setelah nantinya dilakukan perhitungan dan ditemukan nilai konstanta Kp, Ki, dan Kd maka nilai nilai tersebut kemudian diinputkan pada program PLC yang dibuat, program ini dapat dilihat pada Lampiran 2. Dan fungsi dari tombol-tombol yang digunakan dapat dilihat pada gambar *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 3.40. dari *flowchart* tersebut dapat diketahui fungsi dari masing-masing tombol yang dipilih. Dimana setiap tombol sangat berpengaruh pada pengoprasian alat yang telah dibuat. *Flowchart* ini juga kami maksudkan agar alata dapat lebih mudah dipahami cara kerja dan cara pengoprasian alat yang telah dibuat. Pada *flowchart* tersebut dijelaskan bahwa hal pertama yang harus dilakukan dalam pembuatan programnya adalah melakukan inisialisasi, dimana inisialisasi ini bertujuan untuk menentukan memori data dan modul *input output* yang nantinya akan digunakan. Hal ini dilakukan agar dalam pembuatan program dapat dilakukan dengan lebih mudah. Tombol yang digunakan sebagai *input* adalah X5, X3, dan X0. Tombol-tombol tersebut memiliki peranan masing- masing dalam pengoprasian alat yang telah dibuat. Dan untuk memahami fungsi dari tombol-tombol tersebut dapat dilihat pada *flowchart* yang telah dibuat. *Flowchart* ini dapat dilihat pada Gambar 3.40.



Gambar 3.40 Flowchart Program Pada PLC

3.8 Perancangan Panel Operator

Dalam merancang panel operator, digunakan *software* yaitu *GT-Designer 3* dari *mitsubishi*. Pada panel oprator berisi mengenai tombol pengoprasian, yaitu tombol *On Motor*, *On PID*, dan *On Encoder*. Dengan dasar data yang diperoleh dari bab 4, maka pada perancangan kontrol ini kami buat agar motor berputar pada kecepatan *set point* 330 Rpm selama 20 detik, 1200 Rpm selama 30 detik, dan kembali ke 330 Rpm selama 20 detik sebelum akhirnya berhenti. Gambaran panel operator dapat dilihat pada Gambar 3.41.



Gambar 3.41 Panel Operator

BAB IV

PENGUKURAN DAN ANALISA

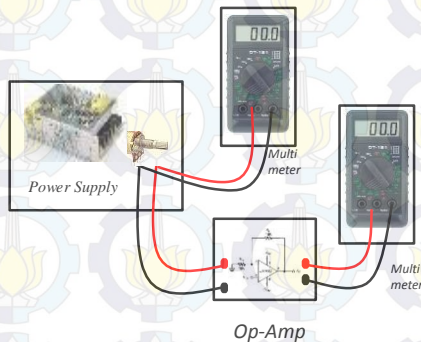
Pada Bab ini membahas tentang pengukuran dan analisa sistem yang telah dibuat. Pengukuran dan analisa meliputi pengukuran perangkat keras system. Pengukuran sistem tanpa kontroler, pengukuran simulasi dan implementasi.

4.1 Pengukuran Perangkat Keras

Pengukuran perangkat keras bertujuan agar perangkat keras yang digunakan dapat berfungsi dengan baik. Pengukuran tersebut meliputi pengukuran *power supply*, penguat tegangan, *inverter*, dan kecepatan motor 3 fasa dengan beban rem elektromagnetik.

4.1.1 Pengukuran Penguat Tegangan

Pada Tugas Akhir ini pengukuran penguat tegangan menggunakan *power supply* dengan tegangan +5 VDC yang dirangkai dengan *potensiometer* 10 K Ω agar *output* dari *power supply* dapat diatur dari 0 –5 VDC, kemudian dihubungkan ke *input* penguat tegangan. Selanjutnya dilakukan pengukuran tegangan *input* dan *output* penguat tegangan menggunakan *multimeter*. Konfigurasi pengukuran tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1.

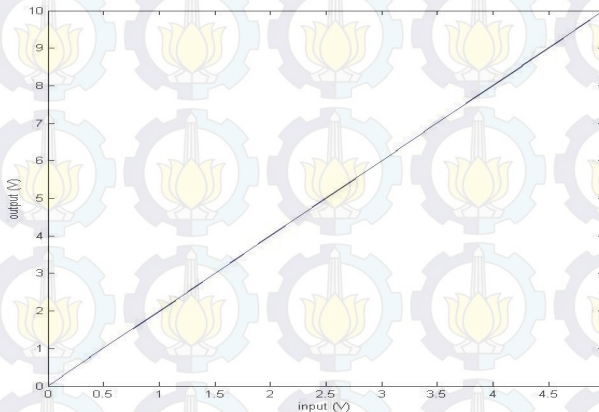


Gambar 4.1 Konfigurasi Pengukuran Rangkaian Penguat Tegangan.

Dari Konfigurasi gambar diatas maka dapat diperoleh data yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.2.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Rangkaian Penguat Tegangan

Pengukuran Naik		Pengukuran Turun	
Input (V)	Output (V)	Input (V)	Output (V)
0	0	4,99	10,0
0,50	1,02	4,50	9,02
1,01	2,03	4,01	8,03
1,51	3,03	3,50	7,02
2,02	4,05	3,01	6,02
2,52	5,04	2,50	5,01
3,00	6,01	2,01	4,02
3,51	7,03	1,50	3,01
4,01	8,01	1,02	2,03
4,50	9,01	0,51	1,03
4,99	10,0	0	0



Gambar 4.2 Pengukuran Penguat Tegangan

Dapat dilihat pada hasil pengukuran pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.2 bahwa tegangan *output* penguat tegangan adalah dua kali dari tegangan *input*. Maka rangkaian penguat tegangan tersebut sesuai dengan yang diinginkan dapat digunakan sebagai penguat tegangan dari modul *DA PLC* yang mengeluarkan tegangan 0-5 *VDC* ke *inverter* yang membutuhkan tegangan 0 -10 *VDC*.

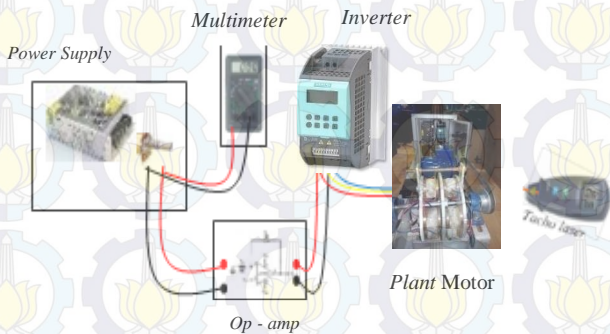
4.2 Pengukuran Kecepatan Motor 3 Fasa

Pengukuran ini dilakukan agar dapat diketahui berapakah kecepatan motor tiga fasa saat diputar atau diberi nilai rentang tegang antara 0 sampai dengan 5 *Volt dc*. Pengukuran kecepatan dilakukan

beberapa kali, mulai pengujian dengan beban maupun pengujian berbeban nominal 140 Volt dan berbeban maksimal 220 Volt.

4.2.1 Pengukuran Sistem *Open Loop*

Pengukuran ini dilakukan dengan cara menyambungkan *plant* motor 3 fasa dengan *panel box* tanpa menggunakan *PLC* terlebih dahulu dan tanpa sensor. Hal ini dimaksudkan agar didapatkan data mentah terlebih dahulu agar pengambilan data selanjutnya lebih mudah untuk dilakukan.



Gambar 4.3 Pengambilan Data *Plant* motor

Dari Konfigurasi *system* Tersebut maka dapat diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran *Plant* Motor 3 Fasa

Data Kecepatan Rata-rata Tanpa Beban								
No	Tegangan Input (volt)	Kec 1 (rpm)	Kec 2 (rpm)	Kec 3 (rpm)	Kec 4 (rpm)	Kec 5 (rpm)	Kec 6 (rpm)	Kec Rata ² (rpm)
1	0,5	140	153	152	149	149	149	148,66
2	1	332	352	351	339	344	340	343
3	1,5	521	536	542	539	532	537	534,5
4	1	718	730	728	728	722	737	727,1667
5	2,5	926	909	929	922	927	929	923,66
6	3,0	1102	1094	1108	1109	1106	1110	1104,83
7	3,5	1252	1262	1263	1267	1262	1264	1261,66

No	Tegangan Input (volt)	Kec 1 (rpm)	Kec 2 (rpm)	Kec 3 (rpm)	Kec 4 (rpm)	Kec 5 (rpm)	Kec 6 (rpm)	Kec Rata ² (rpm)
8	4,0	1339	1403	1423	1429	1411	1411	1402,6
9	4,5	1539	1540	1552	1551	1542	1540	1544
10	4,98	1636	1639	1631	1632	1625	1614	1629,5

4.2.2 Pengukuran Beban Nominal

Setelah dilakukan pengukuran plant tanpa beban dan tidak terjadi masalah pada *plant* maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran dengan menggunakan beban nominal 140 *volt*. Maksud dari beban nominal sendiri adalah pengukuran yang dilakukan ketika rem elektromagnetik diberi tegangan sebesar 140 *Volt DC*. Dimana hasil pengukuran dengan beban nominal dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran dengan Beban Nominal 140 *Volt*

Data Kecepatan Rata-rata Nominal								
No	Tegangan Input (volt)	Kec 1 (rpm)	Kec 2 (rpm)	Kec 3 (rpm)	Kec 4 (rpm)	Kec 5 (rpm)	Kec 6 (rpm)	Kec Rata ² (rpm)
1	0,5	134	140	142	145	148	149	143
2	1	330	325	322	320	335	319	325,16
3	1,5	518	519	515	521	511	515	516,5
4	1	710	715	720	721	705	715	714,33
5	2,5	904	899	905	900	900	903	901,83
6	3,0	1070	1090	1069	1082	1090	1090	1081,83
7	3,5	1230	1240	1233	1225	1230	1235	1232,16
8	4,0	1320	1350	1384	1391	1380	1370	1365,83
9	4,5	1460	1470	1430	1460	1490	1485	1465,83
10	4,98	1550	1550	1552	1554	1555	1557	1553

4.2.3 Pengukuran Beban Maksimal

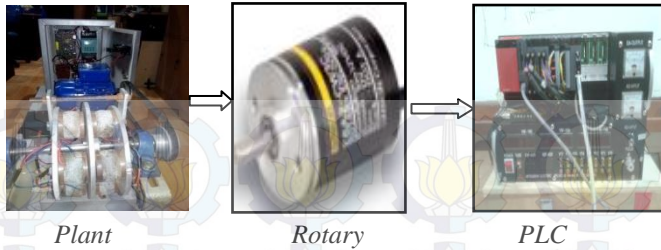
Setelah melakukan pengukuran kasar dengan menggunakan beban nominal maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengukuran data kasar dengan beban maksimal. Maksud dari pengukuran beban maksimal adalah kondisi pada saat rem elektromagnetik diberikan tegangan sebesar 220 *Volt DC*. Dimana pengukuran dengan menggunakan beban maksimal dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengukuran dengan Beban Maksimal 220 Volt

Data Kecepatan Rata-rata Maksimal								
No	Tegangan Input (volt)	Kec 1 (rpm)	Kec 2 (rpm)	Kec 3 (rpm)	Kec 4 (rpm)	Kec 5 (rpm)	Kec 6 (rpm)	Kec Rata ² (rpm)
1	0,5	130	140	142	145	142	145	140,66
2	1	319	325	322	320	322	320	321,33
3	1,5	510	519	504	515	504	515	511,16
4	1	689	715	714	713	714	713	709,66
5	2,5	804	895	894	893	894	893	878,83
6	3,0	1055	1082	1064	1072	1064	1072	1068,16
7	3,5	1222	1219	1223	1222	1223	1222	1221,8
8	4,0	1312	1314	1356	1324	1356	1324	1331
9	4,5	1428	1430	1429	1442	1429	1442	1433,33
10	4,98	1475	1477	1477	1474	1475	1477	1475,83

4.3 Pengambilan Data *Step Response*

Pengambilan data ini dilakukan untuk menentukan daerah kerja yang digunakan dalam pengontrolan. Dimana dalam hal ini kami menentukan daerah kerja motor adalah dalam tegangan mulai 1 volt dan dalam tegangan 3,5 Volt. penentuan daerah kerja ini didasarkan pada hasil pengukuran yang dilakukan secara kasar sebelumnya yang dapat dilihat pada bagian 4.2 dan daerah ini ditentukan dengan alasan pada daerah tersebut *plant* motor 3 fasa bekerja secara baik atau bekerja bersama – sama dengan dan tidak terjadi pemecahan data yang terlalu jauh. Hal ini diharapkan bahwa nantinya ketika motor sudah diberikan kontroller dapat bekerja dengan baik dan hasil pengukurannya dapat dilihat dan diamati dengan lebih mudah. Hasil dari pengambilan data *step response* dapat dilihat pada Tabel 4.5. Skema pengujian *step response* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Skema Pengukuran *Step Response*

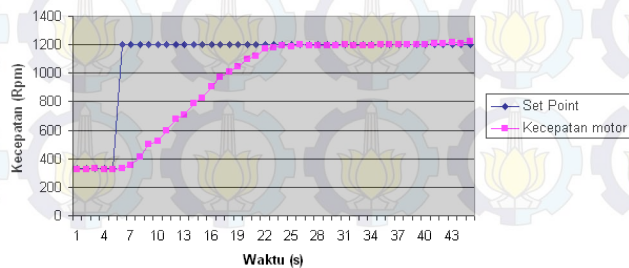
Berikut adalah data pengukuran *step response* tanpa beban *ramp up* :

Tabel 4.5 *Step Response Tanpa Beban Ramp up*

<i>Set Point</i>	Kecepatan 1 (rpm)	Kecepatan 2 (rpm)	Kecepatan 3 (rpm)
320	324	345	348
320	324	336	342
320	330	339	336
320	327	345	342
320	324	333	339
1200	330	342	342
1200	357	396	381
1200	411	426	411
1200	498	501	492
1200	525	579	555
1200	597	615	597
1200	678	693	675
1200	711	762	750
1200	789	804	786
1200	828	882	864
1200	906	954	942
1200	975	978	984
1200	1008	1047	1041
1200	1047	1071	1089
1200	1098	1116	1116
1200	1119	1173	1170
1200	1173	1182	1194

<i>Set Point</i>	Kecepatan 1 (rpm)	Kecepatan 2 (rpm)	Kecepatan 3 (rpm)
1200	1179	1203	1230
1200	1194	1209	1236
1200	1188	1209	1230
1200	1203	1209	1230
1200	1194	1221	1230
1200	1197	1212	1230
1200	1194	1212	1230
1200	1194	1212	1236
1200	1203	1221	1227
1200	1194	1212	1227
1200	1197	1209	1224
1200	1197	1209	1227
1200	1200	1209	1227
1200	1203	1218	1236
1200	1200	1209	1224
1200	1200	1215	1221
1200	1203	1209	1212
1200	1203	1212	1218
1200	1206	1221	1227
1200	1206	1212	1218
1200	1218	1212	1218
1200	1209	1206	1221
1200	1224	1215	1221

Kurva S dari data tabel yang telah diperoleh dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gmbar 4.5 Kurva S Dari *Plant*

Dari hasil *step response* seperti pada Tabel 4.5, dengan perangkat *Tool Box* identifikasi maka didapatkan hasil berupa model *transfer function*. model tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Validasi Model Matematika

Tanpa Beban ke-	Model Matematika	ISE
1	$\frac{0.04097}{s^2 + 0.5281s + 0.06917} \times \exp(-2.39s)$	0,6004
2	$\frac{0.02225}{s^2 + 71.42s + 0.07687} \times \exp(-2.93s)$	0,8975
3	$\frac{-4,441e^{-16} + 1,076}{s^2 + 2,122s + 1,062} \times \exp(-1,89s)$	0,4647

Kemudian setelah dilakukan pengukuran tanpa beban dengan menggunakan *signal step* dan dicari model matematikany dengan menggunakan *software matlab*, maka langkah selanjutnya adalah menentukan *set point steady state* yang diharapkan. Dan karena dari hasil-hasil pengukuran yang telah didapatkan datanya, motor ini bekerja dengan baik pada daerah kerja antara 330 Rpm hingga 1200 Rpm, maka ditentukanlah *set point steady state* berada pada 330 Rpm dan 1200 Rpm.

Pengujian untuk mebgetahui valid atau tidaknya model tersebut, caranya adalah dengan menggunakan *identification tools system* pada *matlab* versi 7.6.0 (R2008a). Untuk melakukan validasi model yang telah dibuat, maka dicari nilai *ISE* (*Integral Square Error*) pada nilai *set point steady state* yaitu 330 Rpm dan 1200 Rpm, jika nilai *ISE* paling kecil maka model tersebut yang paling valid.

4.4 Nilai Data Kontroler *PID*

Dari hasil matematik yang didapat maka kita dapat menentukan parameter kontroler *PID* (*Kp*, *Ti* dan *Td*). Setelah kita mengetahui nilai *ise* yang paling kecil barulah kemudian dapat dicari nilai *Kp*, *Ki*, *Kd*, dengan menggunakan metode analitik. Metode analitik tersebut dapat diuraikan sebagai berikut :

$$\frac{-4,441e^{-16}+1,076}{s^2+2,122s+1,062} \exp(-1,89s) \quad (4.1)$$

Persamaan tersebut kemudian dibagi dengan nilai 1,062 agar dapat masuk terhadap model analitik, yang berdasar pada Persamaan 3.2, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

$$\frac{\frac{1,076}{1,062}}{\frac{1}{1,062}S^2 + \frac{2,122}{1,062}S + 1} \quad (4.2)$$

$$\frac{1,0131}{0,94S^2 + 1,99S + 1} \quad (4.3)$$

Kemudian setelah didapatkan model analitik tersebut maka nilai ω_n dan ξ dapat dicari dengan cara sebagai berikut :

$$\omega_n^2 = 1,062 \quad (4.4)$$

$$\omega_n = 1,0305 \quad (4.5)$$

$$\frac{2\xi}{\omega_n} = 1,998 \quad (4.6)$$

$$2\xi = 1,998 \times 1,0305 \quad (4.7)$$

$$\xi = 1,0295 \quad (4.8)$$

Ketika nilai dari ω_n dan nilai dari ξ sudah ditemukan maka, langkah selanjutnya adalah mencari nilai K_p , T_i , T_d seperti berikut :

$$\tau_i = \frac{2\xi}{\omega_n} = 1,998 \quad (4.9)$$

$$\tau_d = \frac{1}{2\xi\omega_n} = \frac{1}{2,1218} = 0,47 \quad (4.10)$$

$$\tau^* = 0,33 \quad (4.11)$$

$$K_p = \frac{1}{\tau^*\omega_n K} = \frac{1}{0,347} = 2,87 \quad (4.12)$$

Setelah di ketahui nilai dari K_p , T_i , T_d seperti tersebut diatas maka langkah selanjutnya adalah menentukan nilai K_p , K_i , dan K_d yang dapat diuraikan seperti berikut ini :

$$\left(K_p \left(1 + \frac{1}{\tau_i s} + \tau_d s \right) \right) \quad (4.13)$$

$$\left(2,87 + \frac{1,438}{s} + 1,348 s\right) \quad (4.14)$$

Dari persamaan diatas maka dapat diperoleh nilai K_p , K_i , K_d berturut-turut adalah $K_p = 2,87$, $K_i = 1,438$, $K_d = 1,348$. Nilai tersebut kemudian dimasukkan kedalam program yang telah dibuat sebai nilai konstanta dari kontroler *PID*. Dan hasil dari data setelah diberikan bilai kontroler agar nilainya dapat mendekati *steady state set point* pada nilai 730 dapat dilihat dari Tabel 4.7. Tabel tersebut menunjukkan data ketika nilai *signal step* diberikan yaitu 330 Rpm dan 1200 Rpm nilainya akan tetap menunjukan angka mendekati 730 sebagai *set point steady state*.

4.5 Uji Coba Program

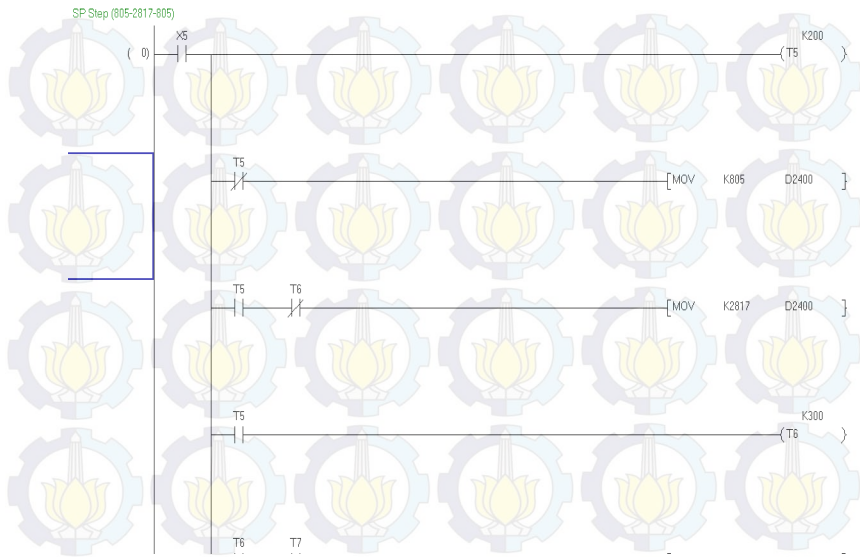
Setelah diketahui nilai parameter yang dibutuhkan, hal yang selanjutnya dilakukan adalah ,melakukan uji coba program dengan memasukkan nilai parameter *PID* yang sudah dibuat. Program yang digunakan haruslah mencakup tentang program *encoder*, program pemberian nilai *signal step*, dan program aritmatik pengolahan data parameter *PID*. Potongan potong program tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6, Gambar 4.7, dan Gambar 4.8.



Gambar 4.6 Potongan *Encoder* Program

Gambar 4.6 adalah potongan program *encoder*. Program ini dibuat dengan tujuan agar sensor kecepatan yang digunakan dapat

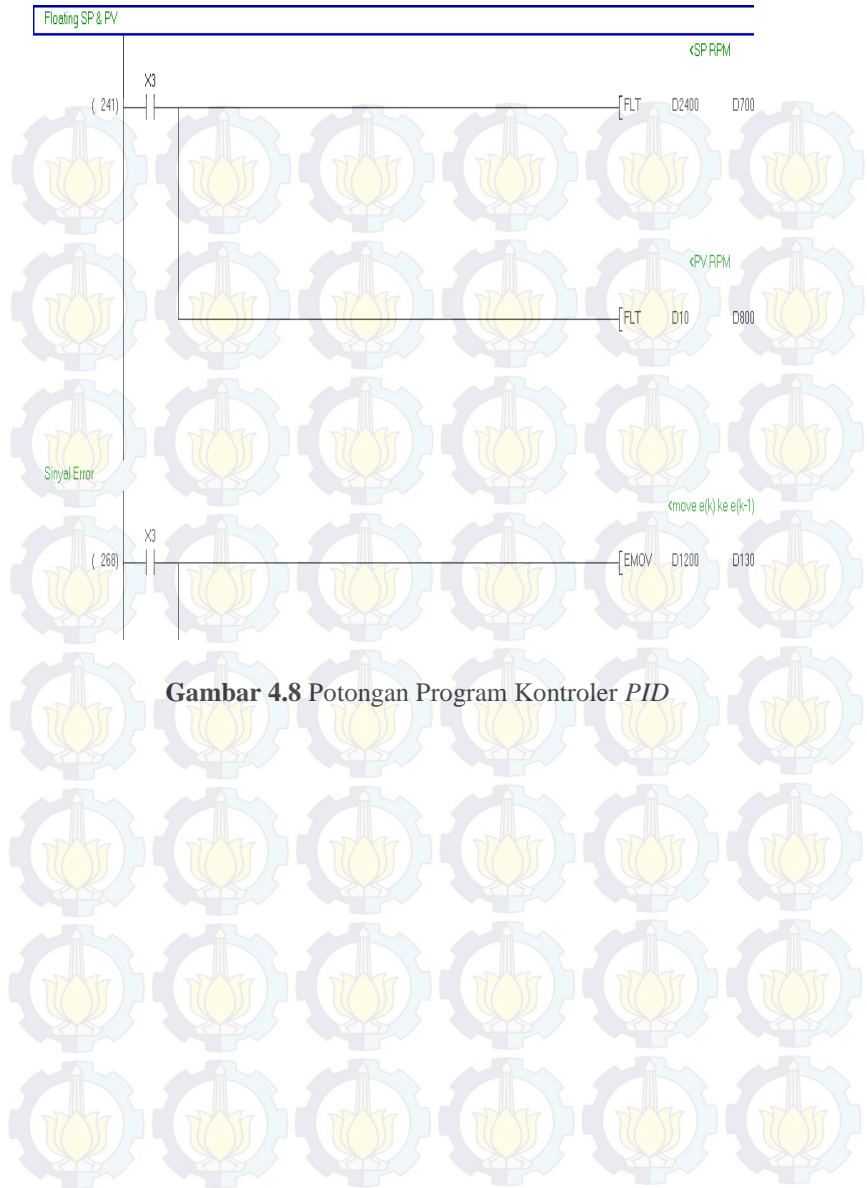
dibaca oleh *PLC*. Potongan program ini secara lengkap dilampirkan pada Lampiran 2.



Gambar 4.7 Potongan Program Pemberian *Signal Step*

Gambar 4.7 merupakan potongan program *signal step*. Program tersebut difungsikan sebagai nilai parameter *signal step* yang ingin diimplementasikan pada *plant*. Potongan program yang lain secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2.

Gambar 4.8 merupakan potongan program kontroler *PID*. Program tersebut merupakan sebuah program aritmatik yang disusun sedemikian rupa agar perhitungan nilainya dapat diberikan nilai parameter kontroler *PID*. Potongan Program ini secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2.



Gambar 4.8 Potongan Program Kontroler PID

BAB V

PENUTUP

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan alat serta pengujian dan analisa, maka dapat ditarik kesimpulan dan saran dari kegiatan yang telah dilakukan untuk pengembangan Tugas Akhir ini.

5.1 Kesimpulan

Dari seluruh tahapan yang sudah dilaksanakan pada penyusunan Tugas Akhir ini, mulai dari studi *literature*, perancangan dan pembuatan sampai pada pengujiannya maka dapat disimpulkan bahwa :

- Kawat *email* yang digunakan pada kumparan menggunakan ukuran 0,3 mm karena dianggap paling mudah untuk digulung.
- Digunakan 940 lilitan karena dari sejumlah percobaan yang dilakukan, jumlah tersebut adalah jumlah yang paling mampu memenuhi kebutuhan magnet yang diinginkan.
- Rem elektromagnetik tidak akan terbakar atau panas karena sudah dilapisi dengan semen, karena semen dapat meredam panas.
- Dipilih kecepatan 330 dan 1200 Rpm karena pada kecepatan tersebut motor mampu bekerja dengan kecepatan yang hampir sama meskipun dalam keadaan tanpa beban, berbeban nominal, dan berbeban maksimal.
- Setelah dilakukan perhitungan dengan metode analitik, maka didapatkan hasil berupa nilai $K_p = 2,87$, $K_i = 1,438$, $K_d = 1,348$.

5.2 Saran

Untuk lebih memperbaiki dan menyempurnakan kinerja dari alat ini, maka perlu disarankan :

- Pada penelitian selanjutnya perlu ditambahkan sensor suhu pada beban elektromagnetik untuk mengetahui suhu yang ditimbulkan oleh beban.
- Piringan *shaft* sebaiknya menggunakan bahan metal yang bersifat non ferromagnetik, sehingga tidak mengakibatkan magnet menjadi permanen



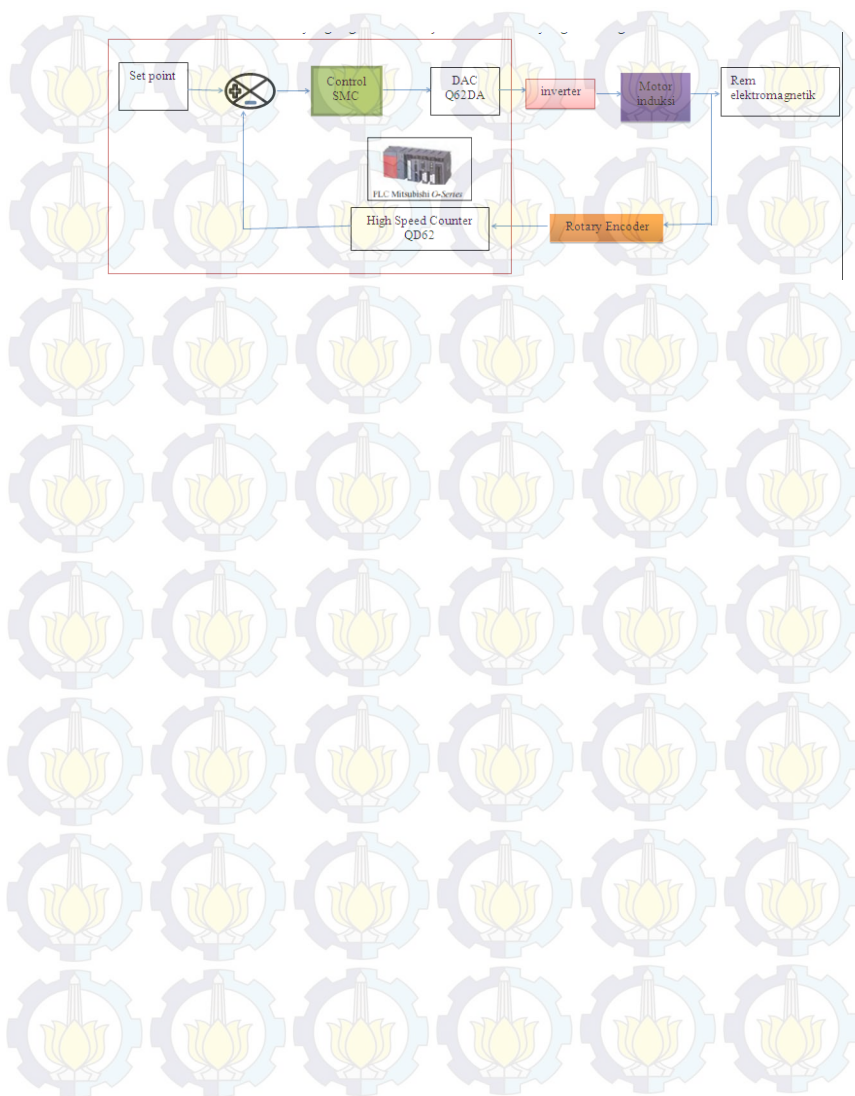
DAFTAR PUSTAKA

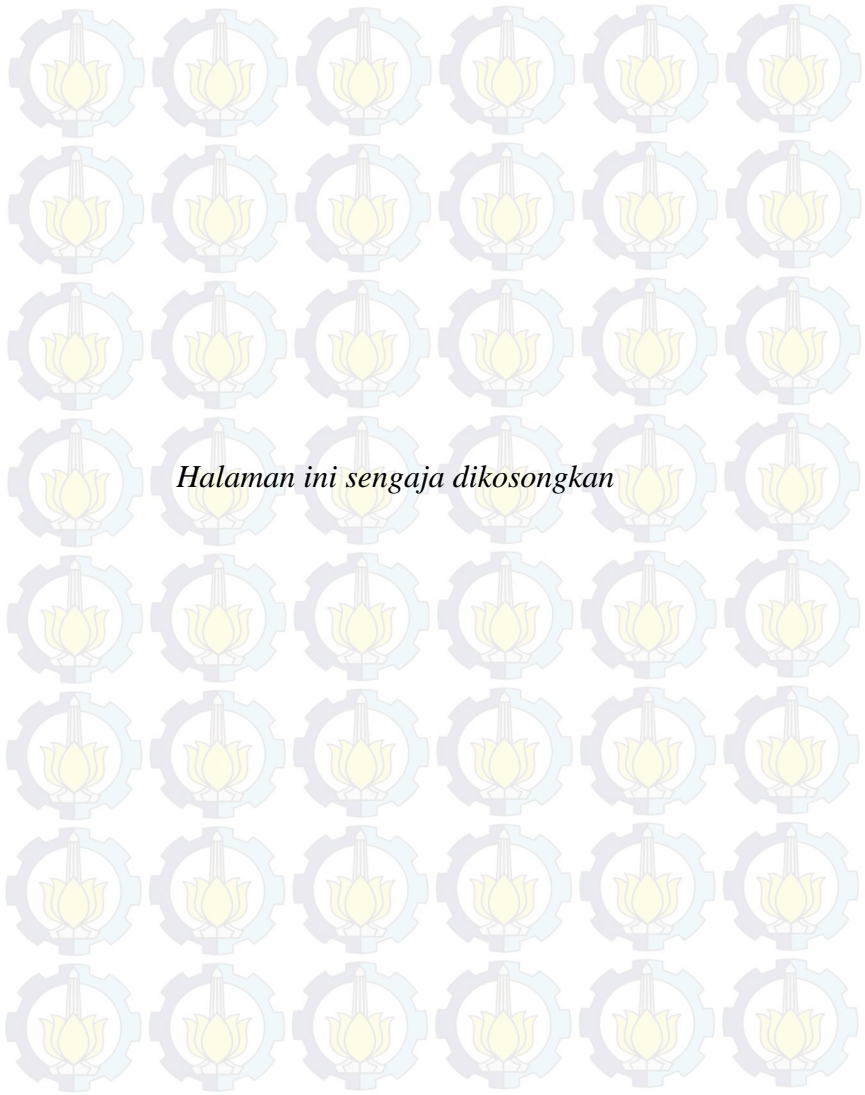
- [1] Arwanjer Semit, “Perancangan dan Implementasi Kontroller Linear Kuadratik Regulator (LQR) Pada Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 fasa”, *Tugas Akhir*, FTI-ITS, Surabaya, 2014.
- [2] Eitel, Elisabeth. “*Basics Of Rotary Encoders: Overview and New Technologies*”. *Machine Design Magazine*. Jakarta, 2015
- [3] Lister, Eugene. C. “Mesin dan Rangkaian Listrik”. Jakarta:Erlangga, 2014
- [4] Bagas Ganjar Nugroho,”Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Pada Mesin Sentrifugal Menggunakan Pengendali Anti-Windup PID dengan Prediksi Integral State”, *Tugas Akhir*, FTI-ITS,Surabaya, 2014
- [5] Pramudijanto, Josaphat. “*Catatan Kuliah DSP*”. 25 Juni 2015.<http://personal.its.ac.id/>



LAMPIRAN 1

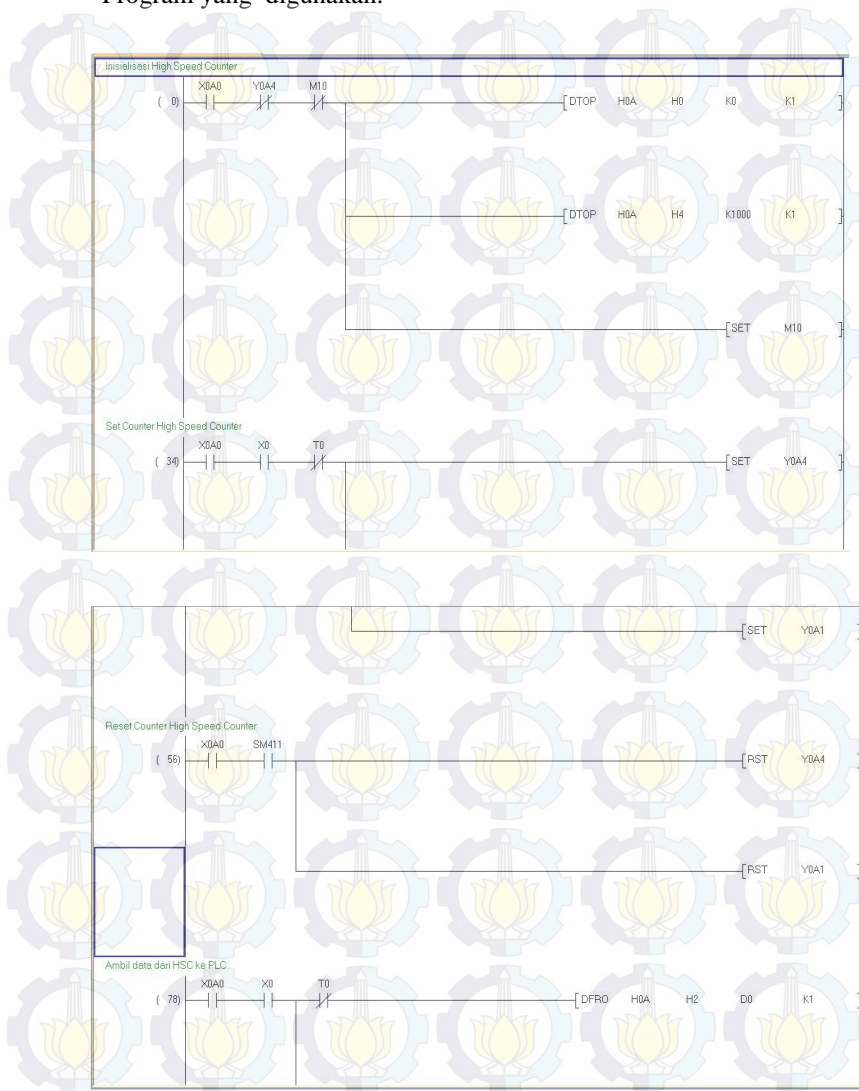
Skema alat :





LAMPIRAN 2

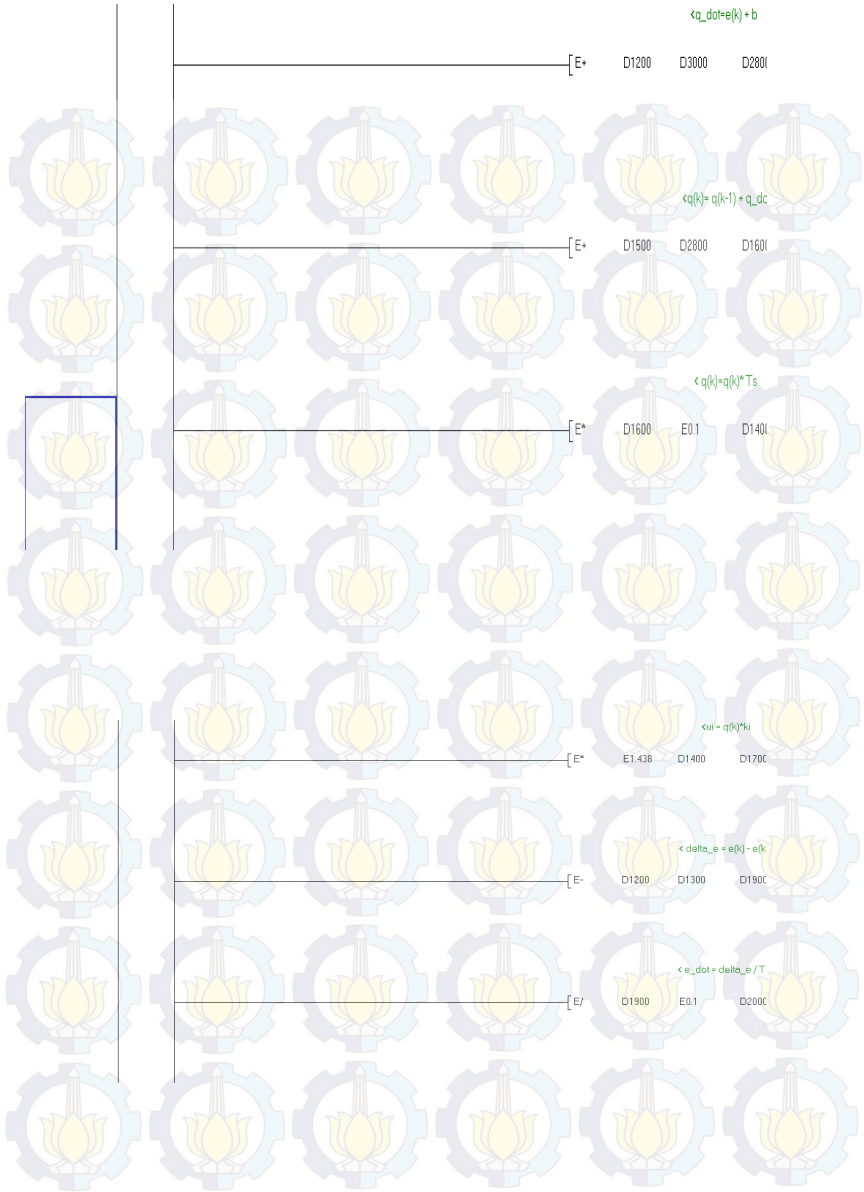
Program yang digunakan:

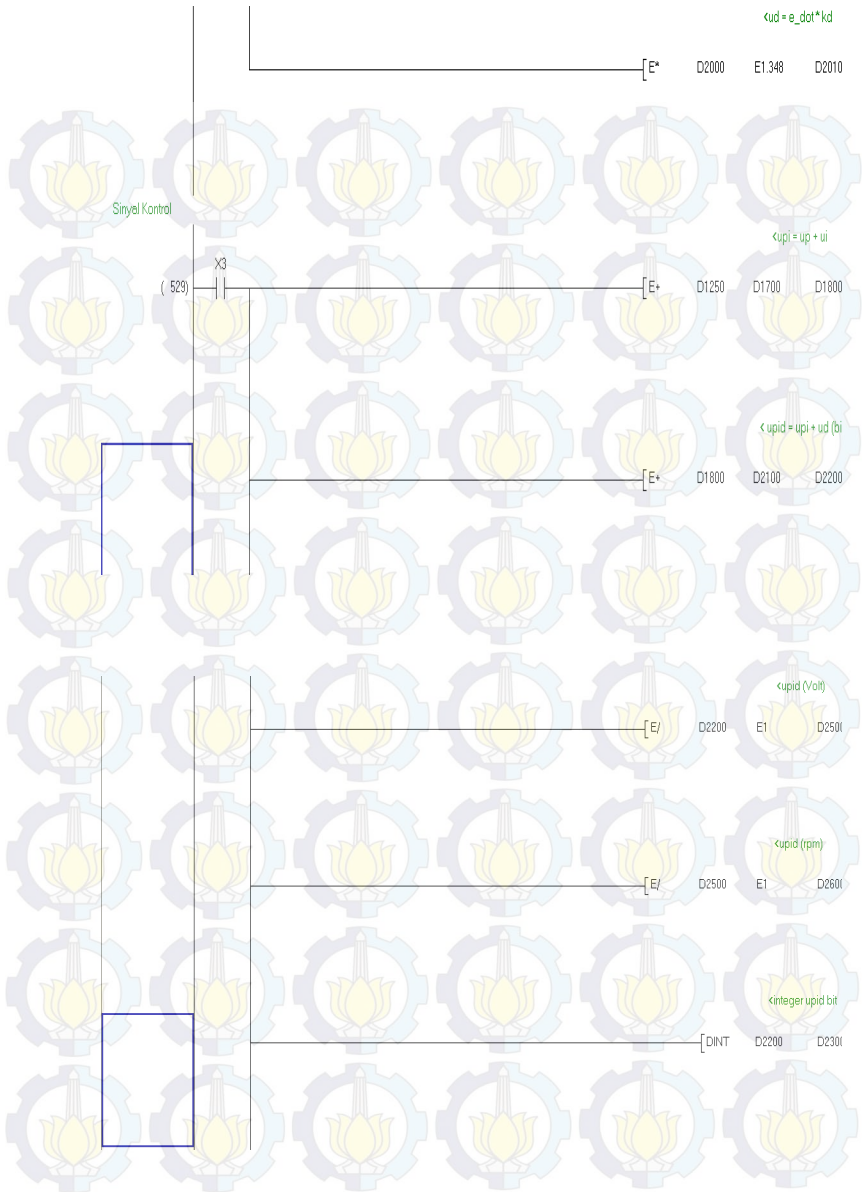






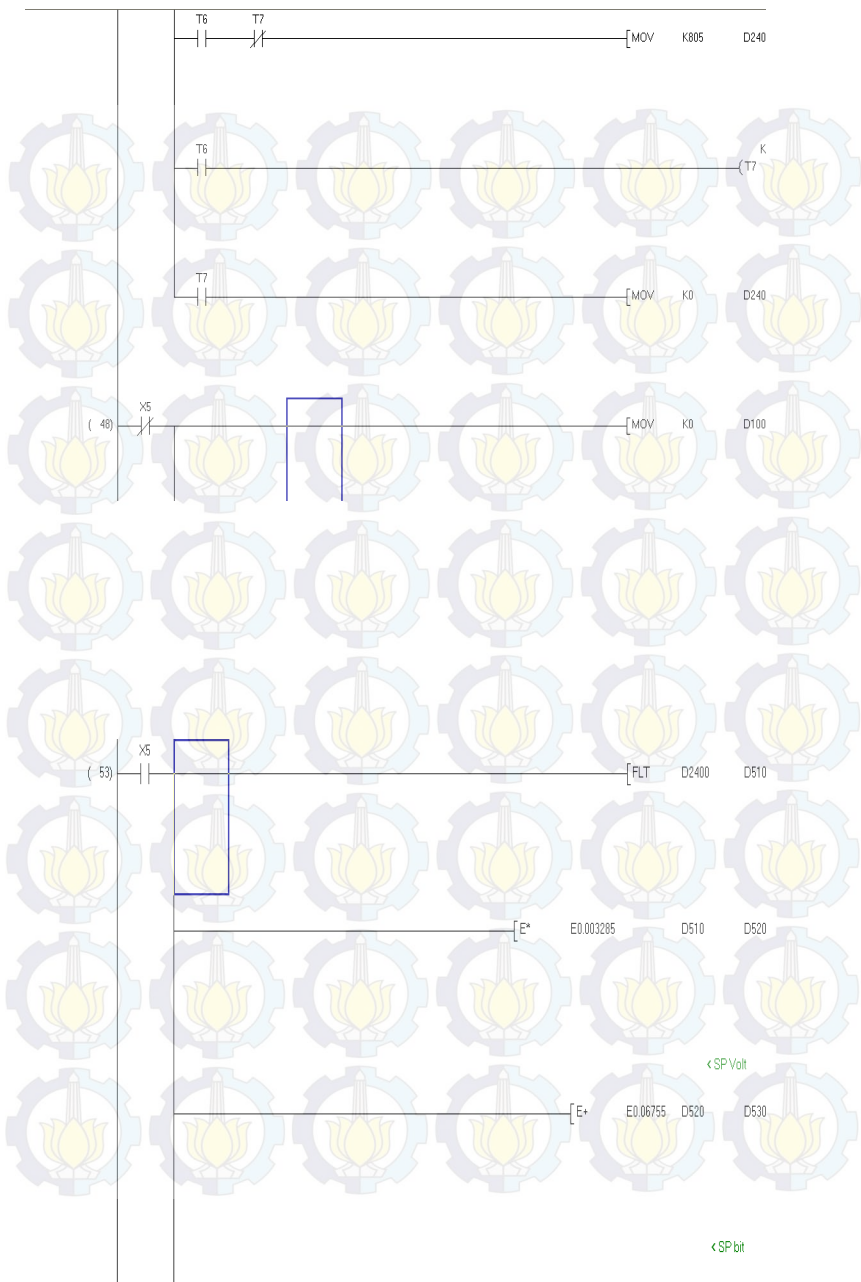


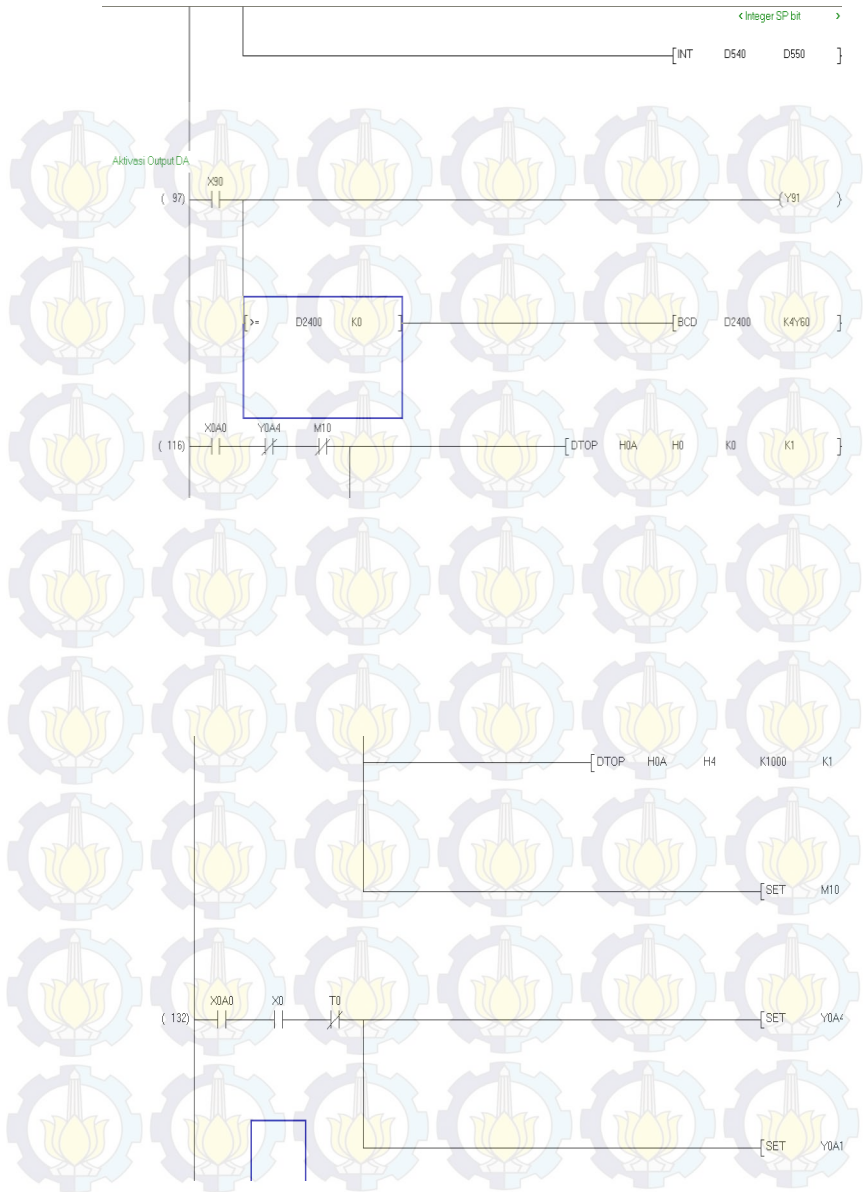


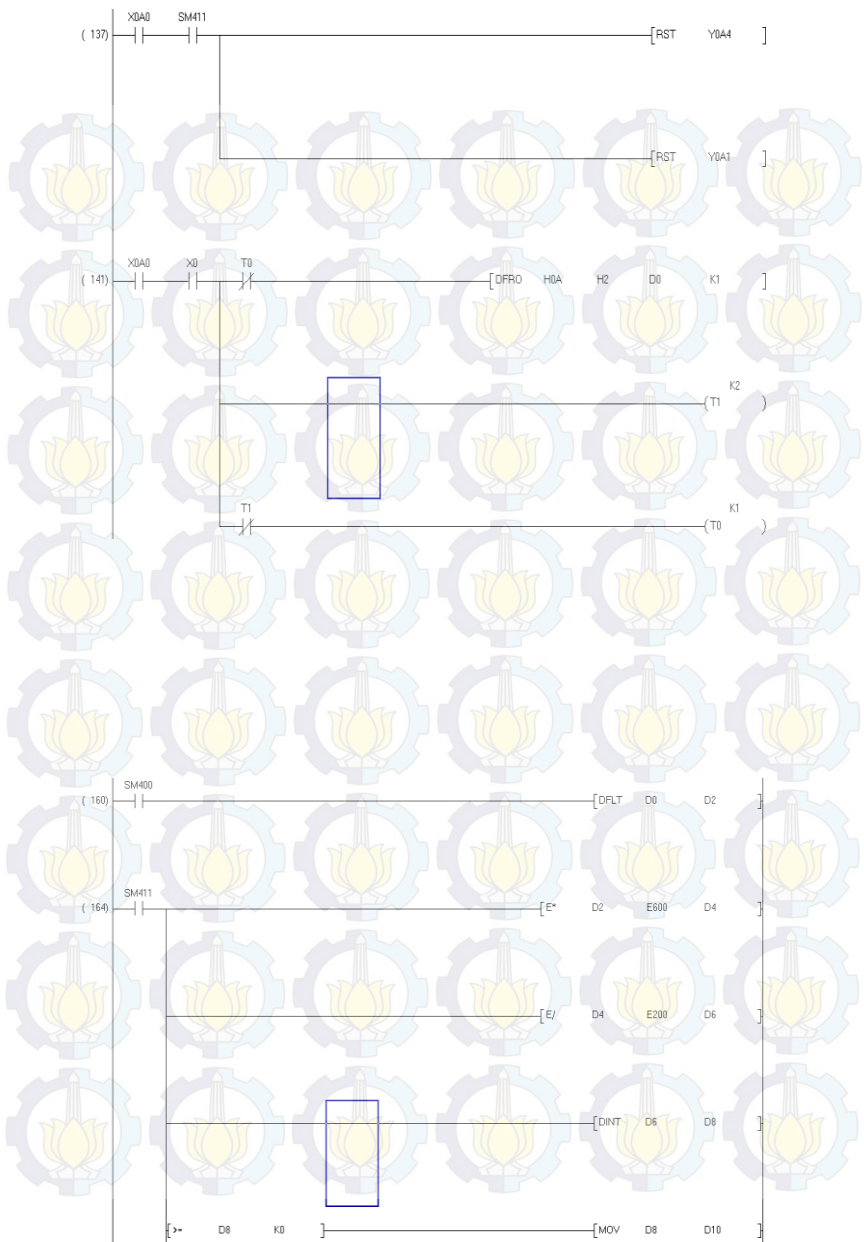


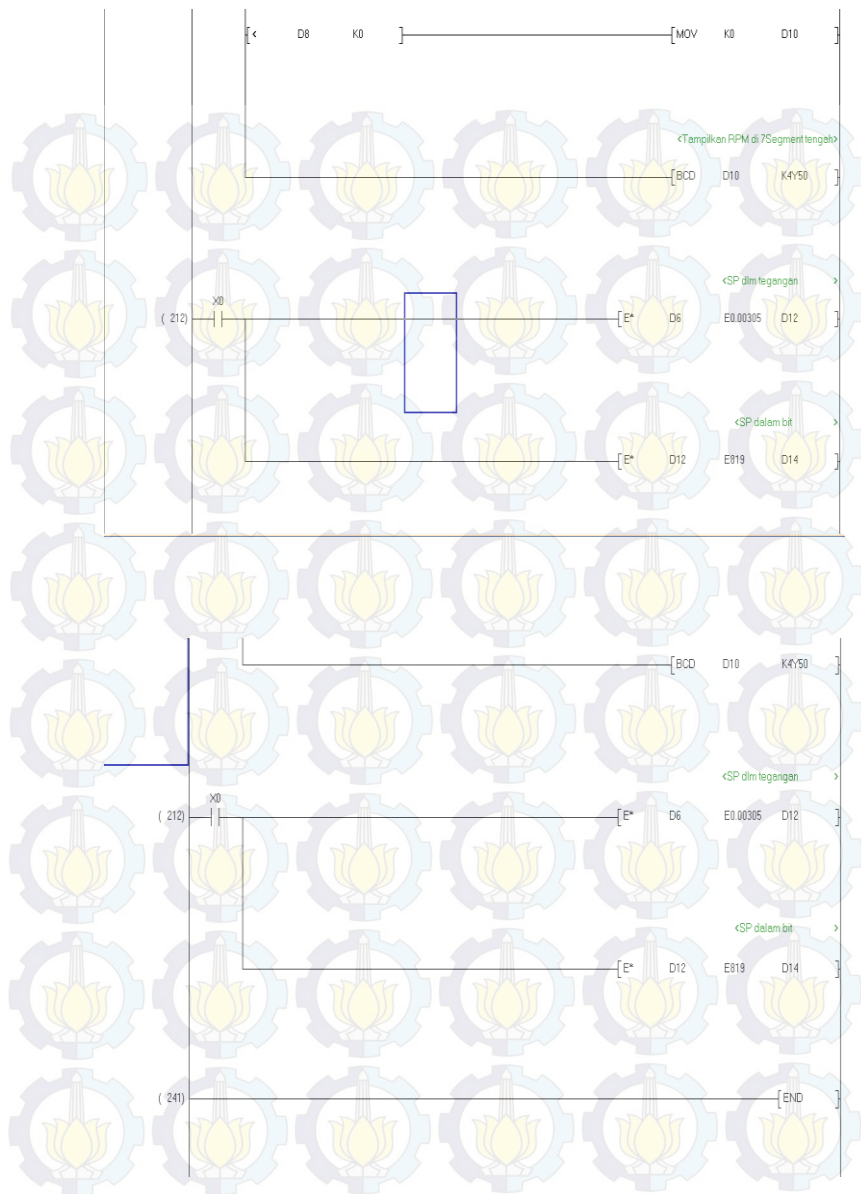










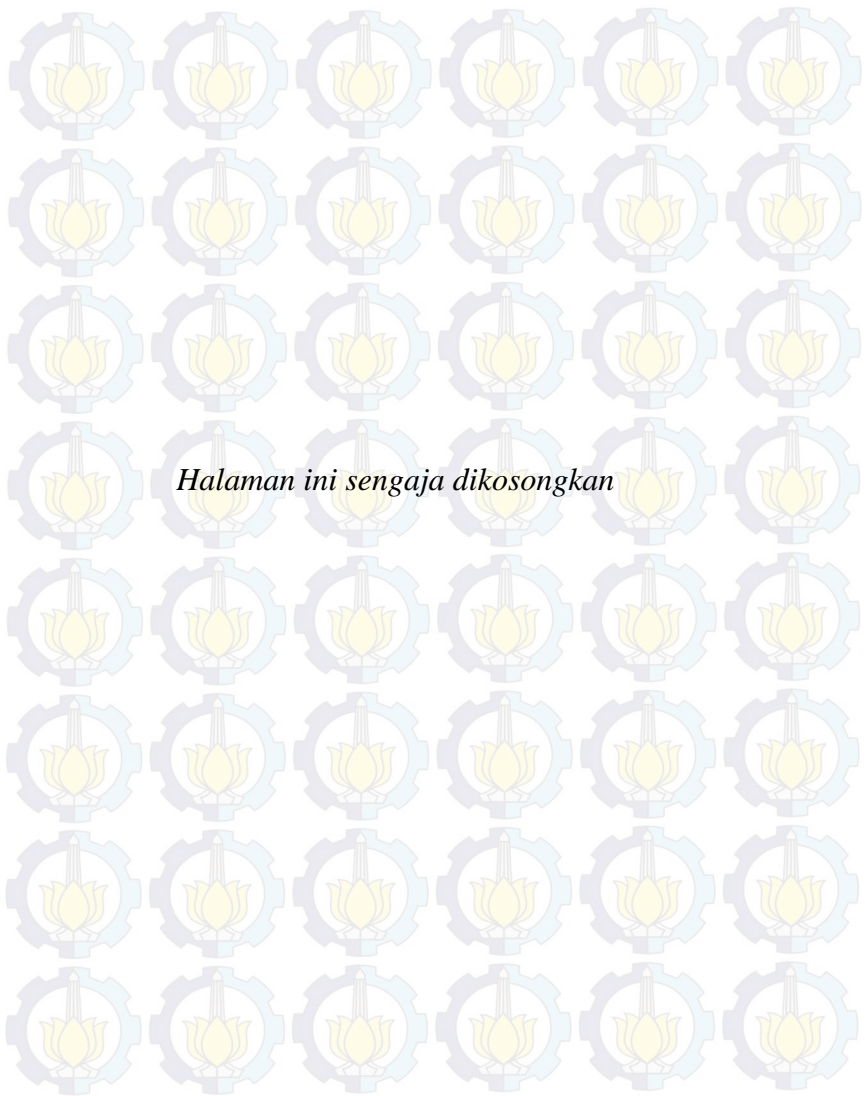


Tabel Fungsi Memori Data D			
Floating		Integer	
D2	Pengambilan data dari HSC ke PLC	D0	Ambil data dari HSC ke PLC
D4	Hasil Perkalian D2	D8	Nilai Integer D6
D6	Hasil Pembagian D2	D10	Memori data encoder
D12	Hasil konversi set point dalam volt	D500	Konstanta tegangan set point yang berubah ubah namun dapat diatur
D14	Hasil konversi set point dalam bit	D550	Hasil konversi set point dalam bit pada bentuk integer
D510	Konstanta Tegangan set pont yang dapat dirubah namun dalam nilai floating yang diolah pada program set point	D2300	Bentuk integer dari nilai upid yang berada pada memori data D2200 dalam bentuk bit
D520	Hasil kali D510 untuk dikonversi ke volt	D2700	Bentuk integer dari nilai upid yang berada pada memori data D2600 dalam bentuk rpm, dan merupakan nilai yang ditampilkan pada seven segment k4y40
D530	Hasil konversi set point dalam volt	D2400	Nilai yang sama dari memori data D500 namun fungsinya digunakan sebagai simulasi tanpa menggunakan pid, dan juga merupakan keluaran nilai sinyal control jika nilai dari D2300 k0-k1640
D540	Hasil konversi set point dalam bit		

D700	Konstanta Tegangan set pont yang dapat dirubah namun dalam nilai floating yang diolah pada program pid		
D800	Memori data encoder dalam bentuk floating		
D1200	Hasil kali pengolahan sinyal eror dalam bentuk floating (nilai $e(k)$ dalam Bentuk bit)		
D1300	Hasil fungsi emov dari D1200, yaitu nilai perkalian pengolahan sinyal eror dalam bentuk floating		
D1000	Nilai $e(k)$ dalam bentuk rpm)		
D1100	Nilai $e(k)$ dalam bentuk volt)		
D1200	Nilai $e(k)$ dalam bentuk bit)		
D1250	Nilai up yang didapat dari $(K_p \times e(k))$ menggunakan nilai dalam bit D1200		
D1600	Nilai $q(k)$ yang diperoleh dari $q(k-1) + q_dot$ yang selanjutnya di berikan fungsi emov ke D1500 sebagai $q(k-1)$		
D1500	Nilai $q(k-1)$		
D2700	Data yang diproses dengan nilai kontanta 0-588 dandigunakan untuk menentukan nilai linear		

	ataupun saturasi		
D2900	Nilai yang menentukan apakah hasilnya saturasi atau linear, jika hasilnya linear maka $v-u=0$, jika hasilnya saturasi maka $v-u=a$.		
D3000	Nilai b yang didapat dari $b=a \times kb$, dimana kb dalam program ini ditentukan nilainya yaitu 1		
D2800	Nilai q_dot yang diperoleh dari $e(k) + b$		
D1400	Nilai $q(k)$ setelah diproses dengan cara $q(k) \times Ts$, dimana nilai dari Ts dalam program ini ditentukan nilainya yaitu 0,002		
D1700	Nilai ui yang di dapat dari $q(k) \times Ki$, dimana nilai ki dalam program ini ditentukan nilainya yaitu 1		
D1900	Nilai δ_e , yang didapat dari $e(k)-e(k-1)$		
D2000	Nilai e_dot yang diperoleh dari δ_e/Ts , dimana $Ts=0,002$		
D2010	Nilai ud yang diperoleh dari $e_dot \times Kd$		
D1800	Nilai upi yang diperoleh dari $up+ui$		
D2200	Nilai $Upid$ yang diperoleh dari $upi+ud(bit)$		

D2500	Nilai upid dalam volt, dimana dalam kasus ini nilainya dikalikan dengan 819		
D2600	Nilai upid dalam rpm, dimana dalam hal ini nilainya dikalikan dengan 0,00346		



LAMPIRAN 3

Foto alat :





LAMPIRAN 4

Aktivitas Pengerjaan alat :





DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Alex Siagian
TTL : Porsea 29 – 11 – 1993
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Kristen
Alamat Rumah : Porsea Sumatera Utara
Telp/HP : 085257402611
E-mail : *alexsiagian@ymail.com*

RIWAYAT PENDIDIKAN

- 1999 – 2005 : SDN 175811 Pangombusan
- 2005 – 2008 : SMPN 2 Porsea
- 2008 – 2011 : SMAN 1 Siantar Narumonda
- 2011 – 2014 : Program Studi D3 Teknik Elektro, ITS - Disnaker Bidang Studi Elektro Industri.

PENGALAMAN KERJA

- Kerja Praktek di PT. Toba Pulp Lestari (Juli 2012)
- Kerja Praktek di PT. Sc Johnson A Family Company (Juli 2013)

PENGALAMAN ORGANISASI

- Staff PSDM forum komunikasi elektro industri



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Dimas A Baharsyah
TTL : Lamongan 20 April 1993
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat Rumah : Jl. Mangga 23 Deket Permai
Lamongan
Telp/HP : 081243401993
E-mail : *dimas039010@gmail.com*

RIWAYAT PENDIDIKAN

- 1999 – 2005 : MI Murni Sunan Drajat Lamongan
- 2005 – 2008 : SMPN 1 Lamongan
- 2008 – 2011 : SMAN 2 Lamongan
- 2011 – 2014 : Program Studi D3 Teknik Elektro, ITS - Disnaker Bidang Studi Elektro Industri.

PENGALAMAN KERJA

- Kerja Praktek di PT. Coca Cola Amatil Indonesia (Juli - Agustus 2011)
- Kerja Praktek di Perkebunan Nasional Watoe toelis (Agustus 2012)
- Transmania trans tv
- Taman Remaja Surabaya

PENGALAMAN ORGANISASI

- Ketua OSIS SMAN 2 Lamongan
- MUM D3 Teknik Elektro Industri Kejasama Disnakertrans

